

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005年7月28日 (28.07.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/069690 A1

(51) 国際特許分類⁷: H05B 3/10, B28B 17/00, H05B 3/18, 3/20, 3/48

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/019228

(22) 国際出願日: 2004年12月22日 (22.12.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-428255 2003年12月24日 (24.12.2003) JP
特願2004-097184 2004年3月29日 (29.03.2004) JP
特願2004-130940 2004年4月27日 (27.04.2004) JP
特願2004-158437 2004年5月27日 (27.05.2004) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 久木野 浩 (KUKINO, Hiroshi) [JP/JP]; 〒8994396 鹿児島県国分市山下町1番1号京セラ株式会社鹿児島国分工場内 Kagoshima (JP). 下水流 秀明 (SHIMOZURU, Hideaki) [JP/JP]; 〒8994396 鹿児島県国分市山下町1番1号京セラ株式会社鹿児島国分工場内 Kagoshima (JP). 田中 智 (TANAKA, Satoshi) [JP/JP]; 〒8994396 鹿児島県国分工場内 Kagoshima (JP).

(74) 代理人: 河宮 治, 外 (KAWAMIYA, Osamu et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル青山特許事務所 Osaka (JP).

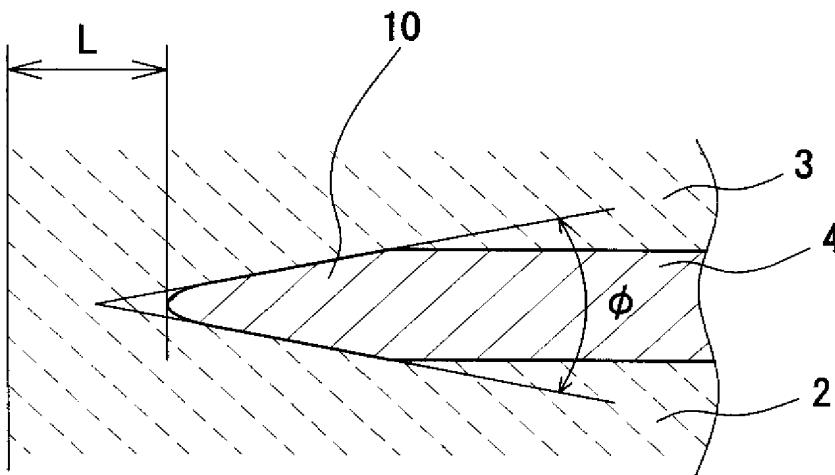
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

/ 続葉有 /

(54) Title: CERAMIC HEATER AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: セラミックヒータ及びその製造方法



(57) Abstract: Disclosed is a ceramic heater wherein a heating resistive element and a lead member for supplying current to the heating resistive element are embedded in a ceramic body. By controlling the cross-sectional shape or flat surface shape of the heating resistive element, the ceramic heater can have excellent durability.

(57) 要約: セラミック体中に、発熱抵抗体と、発熱抵抗体に電流を供給するリード部材を埋設してなるセラミックヒータにおいて、発熱抵抗体の断面形状又は平面形状を制御することによって耐久性に優れたセラミックヒータを提供する。



添付公開書類:

- 國際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

セラミックヒータ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本件発明は、種々の加熱、点火用途に用いられるセラミックヒータに関し、特に、耐久性に優れたセラミックヒータ及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] セラミックヒータは、各種センサの加熱、グローシステム、半導体の加熱、石油ファンヒータの点火などの用途で、幅広く使用されている。

[0003] セラミックヒータには、その用途に応じて種々のものがある。

例えば、自動車用の空燃比検知センサ加熱用ヒータ、気化器用ヒータ、半田ごて用ヒータなどには、特許文献1～3に示すように、アルミナを主成分とするセラミックス中に、W、Re、Mo等の高融点金属からなる発熱抵抗体を埋設してなるセラミックヒータが良く用いられる。

[0004] また、石油ファンヒータやガスボイラー等の各種燃焼機器の点火用ヒータや、測定機器の加熱用ヒータなどでは、高温での耐久性が必要とされる。また、同時に100Vを越える高電圧が印加されることが多い。そこで、窒化珪素質セラミックスを母材とし、発熱抵抗体に高融点で熱膨張係数が母材に近いWCを用いたセラミックヒータが良く用いられる。発熱抵抗体には、さらに熱膨張係数をセラミックヒータの母材に近づけるためBNや窒化珪素粉末が添加される(特許文献4参照)。また、母材にも、 $MoSi_2$ やWC等のセラミックス導電材料を添加することにより、発熱抵抗体に熱膨張率を近づけることがある(特許文献5参照)。

[0005] また、窒化珪素質セラミックスを母材としたセラミックヒータは、車載暖房装置にも用いられる。車載暖房装置は、寒冷地においてエンジンの始動を短時間に可能とするための熱源や、車両室内暖房の補助熱源として用いられ、液体燃料を用いる。また、電気自動車においてはバッテリの容量の制限により電力消費を少なくすることが要求されており、暖房装置の熱源としてこの液体燃料を用いた車載暖房機の利用が見込まれている。車載暖房装置に用いられるセラミックヒータには、高寿命化が望まれて

おり、更に燃焼温度確認用のサーミスタと一緒にすることが望まれている。セラミックヒータとサーミスタを一体化する場合、セラミックヒータの耐久性が良好で、長期の使用に際しても抵抗値の変動が少なくななければならない。

[0006] ところで、セラミックヒータの形状には、円柱状、平板状などの種々のものがある。セラミックヒータが円柱状である場合、特許文献2に記載されるような方法で製造される。セラミックロッドとセラミックシートを用意し、セラミックシートの一方の面にW、Re、Mo等の高融点金属のペーストを印刷して発熱抵抗体とリード引出部を形成する。そして、これらを形成した面が内側となるようにセラミックシートをセラミックロッドの周囲に巻付ける。セラミックシートをセラミック軸に巻き付けは手作業で行われるが、セラミックシートとセラミック軸の密着をより強固なものにするために、ローラ装置を使用して増し締めが行われる(特許文献6, 7)その後、全体を焼成一体化する。セラミックシート上に形成されたリード引出部は、セラミックシートに形成されたスルーホールを介して電極パッドと接続される。スルーホールには、必要に応じて導体ペーストが注入される。

[0007] 特許文献1:特開2002-146465号公報
特許文献2:特開2001-126852号公報
特許文献3:特開2001-319757号公報
特許文献4:特開平7-135067号公報
特許文献5:特開2001-153360号公報
特許文献6:特開2000-113964号公報
特許文献7:特開2000-113965号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、上記従来のセラミックヒータでは、耐久性が必ずしも十分ではなかった。例えば、近年ではセラミックヒータによる急速昇温や急速降温が要求されるようになってきている。特にヘアごてやハンダごてのような大型のセラミックヒータでは、発熱抵抗体とセラミックとの熱膨張係数差によって大きな応力が生じる。このため、セラミック基体にクラックが発生して耐久性が低下したり、断線が生じたりする場合があった。

[0009] また、特に点火装置用などの高温、高電圧下で使用されるセラミックヒータの場合、

セラミックヒータの絶縁破壊も問題となる。最近は点火装置の小型化と着火性の向上が要求されており、100V以上の電圧を印加して1100°C以上の温度に加熱する必要がある。また、点火装置の小型化も求められており、発熱抵抗体とリード部の間隔が狭いものが多い。このようなセラミックヒータは、特に絶縁破壊が発生し易い。

[0010] そこで本件発明は、クラックや絶縁破壊などが起きにくく、耐久性に優れたセラミックヒータを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を達成するために、本件発明のある態様におけるセラミックヒータは、発熱抵抗体をセラミック体中に内蔵してなるセラミックヒータにおいて、発熱抵抗体の配線方向に垂直な断面からみたときに、発熱抵抗体の縁部が有する角度が60°以下であることを特徴とする。ここで発熱抵抗体の縁部が有する角度とは、発熱抵抗体の配線方向に垂直な断面からみたときに、発熱抵抗体の縁部の上側テーパ面の中点を接点とする接線と、下側テーパ面の中点を接点とする接線とが交わる角度を指す。

[0012] 本件発明者等は、セラミックヒータの急速昇温と急速降温を繰り返すと、発熱抵抗体の縁部に応力が集中することを見出した。発熱抵抗体の配線方向に垂直な断面からみたときに、発熱抵抗体の少なくとも1カ所の縁部が有する角度が60°以下とすることにより、発熱抵抗体の縁部に掛かる熱応力を緩和して、セラミックヒータの耐久性を向上させることができる。すなわち、発熱抵抗体の縁部が有する角度を60°以下とすることにより、発熱抵抗体が高温になった際の縁部の膨張量が小さくなるだけでなく、発熱抵抗体の縁部からの発熱量も少なくなる。従って、発熱抵抗体の周囲のセラミックにおける熱の散逸が不十分であっても、発熱抵抗体の縁部へ応力が集中することを避けることができる。これにより、セラミックヒータを繰り返し急速昇温させた際の、クラックの発生や断線を防止できる。また、平面視で屈曲した配線パターンを有する発熱抵抗体の場合、配線パターンの屈曲部で特に発熱抵抗体からの熱の散逸が大きい。そこで、発熱抵抗体の屈曲部において、発熱抵抗体の縁部の角度を60°以下とすることにより、一層セラミックヒータの耐久性を向上させることができる。

[0013] また、本発明のセラミックヒータは、発熱抵抗体の断面における金属成分の面積比率が30～95%であることが好ましい。これによって発熱抵抗体とセラミック基体の熱

膨張差による熱応力を低減し、さらに耐久性を向上させることができる。

[0014] また、本件発明のセラミックヒータは、セラミック基体が少なくとも2種類の無機材料の積層構造からなることが好ましい。例えば、ある無機材料から成るセラミック板の上に発熱抵抗体を形成し、その発熱抵抗体を別の無機材料で気密封止することによってセラミック基体とすることができます。このようにすれば、発熱抵抗体を焼成してから封止ができる。従って、発熱抵抗体のトリミングによる抵抗値の調整が可能としながら、耐久性を維持することができる。また、発熱抵抗体に接している無機材料のうち少なくともひとつが、ガラスを主成分とすることが好ましい。発熱抵抗体を形成したセラミック板上に塗布したガラスを一旦溶解し、脱気をしてから別のセラミック板を重ねれば3層構造のセラミック基体とできる。このような3層構造のセラミック基体にすれば、耐久性の高いセラミックヒータとすることができます。また、さらに耐久性を高めるために、無機材料のそれぞれの熱膨張係数の差を $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以下とすることが好ましい。

[0015] また、本件発明の別の態様のセラミックヒータでは、セラミックヒータの絶縁破壊を効果的に抑制するために、セラミック体中に発熱抵抗体を蛇行状に埋設したセラミックヒータにおいて、発熱抵抗体に120Vの電圧を印加したときの発熱抵抗体パターン間に発生する電界強度を 120V/mm 以下とする。例えば、発熱抵抗体の電位差の大きい側のパターン間距離を、電位差の低い側のパターン間距離よりも相対的に広くなるようにすれば、発熱抵抗体のパターン間に発生する電界強度を減少させることができる。これによって、セラミックヒータの絶縁破壊が抑制される。また、長期間使用時の抵抗の変化も小さくなり、安定した点火が可能となる。さらに、サーミスタとの一体化も容易になる。尚、発熱抵抗体のパターン間距離は、連続的に変化させることが好ましい。

[0016] さらに、絶縁破壊を効果的に抑制するために、発熱抵抗体と、発熱抵抗体に電力を供給するためのリード部との間隔を1mm以上とすることが好ましい。セラミックヒータの絶縁破壊は、リード部の発熱抵抗体側の端部から、発熱抵抗体の蛇行部端部を経て発生する場合が多い。従って、発熱抵抗体と発熱抵抗体に電力を供給するためのリード部との間隔を1mm以上とすることによって絶縁破壊が抑制され、セラミックヒータの耐久性が向上する。

[0017] また、セラミックヒータの幅寸法が6mm以下であり、リード部のパターン間距離Xが1mm～4mmである場合、発熱抵抗体とリード部の間隔をYとすれば、 $Y \geq 3X^{-1}$ となるように発熱体とリード部を配置することが好ましい。これによって、小型セラミックヒータの耐久性を高め、高電圧を印加しても絶縁破壊に至らないようにすることができる。

[0018] 発熱抵抗体の最高温度部を1100°C以上にした際、発熱抵抗体の折り返し部のリード部側端部とリード部端部の温度差が80°C以上であることが好ましい。

[0019] また、発熱抵抗体において、リード部側にある折り返し部の一部における断面積を他の部分に比べて大きくしても良い。これによって、セラミックヒータの耐久性を一層高めることができる。

[0020] また、特に炭素を含有するセラミック体の内部に、発熱抵抗体と発熱抵抗体に接続されるリードピンとを有する場合、セラミック体の炭素量を0.5～2.0重量%に制御することが好ましい。セラミック基体中でマイグレーションの原因となる SiO_2 を減らす目的で、セラミック基体に炭素を添加する場合がある。これによってセラミック基体の粒界層がより高融点となり、セラミック基体中のマイグレーションが抑制される。しかし、炭素量が多くなると、リードピンの表層が炭化されて脆くなるという問題が発生する。この脆下層は、セラミックヒータの抵抗値を上昇させたり、初期特性に影響を与えるものではない。しかしながら、発熱を繰り返すうちに、リードピンは膨張、収縮を繰り返し、最後は断線に至る。近年、車載暖房装置などで早期の着火が望まれているため、セラミックヒータに加える電力値を増大すると共に、昇温時の電圧を高く制御する場合がある。このためリードピンの発熱量が増し、膨張・収縮によるリードピンの断線が発生しやすくなっていた。セラミック体の炭素量を0.5～2.0重量%に制御することにより、 SiO_2 の影響によるマイグレーションは効果的に抑制しながら、リードピン表面の炭化によるリードピンの断線を防止することができる。従って、耐久性に優れたセラミックヒータとすることができます。また、セラミックヒータを長期に渡って使用した場合でも、抵抗変化が少なく、安定した着火性能を持つセラミックヒータを提供することができる。

[0021] リードピンの線径が0.5mm以下であり、かつ、リードピンの表面の炭化層の平均厚みが80 μm 以下であることが好ましい。また、リードピンの結晶粒径が30 μm 以下で

あることが好ましい。

発明の効果

[0022] 本件発明によれば、急激な昇温や降温をする用途や、高温かつ高電圧で使用する用途において耐久性に優れたセラミックヒータを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1A]図1Aは、本発明の実施の形態1に係るセラミックヒータを示す斜視図である。

[図1B]図1Bは、図1Aに示すセラミックヒータの展開図である。

[図2]図2は、図1Aに示すセラミックヒータの断面図である。

[図3]図3は、実施の形態1における発熱抵抗体の縁部近傍を示す部分拡大断面図である。

[図4]図4は、従来の発熱抵抗体の縁部近傍を示す部分拡大断面図である。

[図5]図5は、板状のセラミックヒータの例を示す斜視図である。

[図6]図6は、ヘアゴーの一例を示す斜視図である。

[図7A]図7Aは、本件発明の実施の形態1に係るセラミックヒータを示す斜視図である。

。

[図7B]図7Bは、図7Aに示すセラミックヒータのX-X方向の断面を示す断面図である

。

[図8]図8は、図7Aに示すセラミックヒータの発熱抵抗体のパターン形状を示す平面図である。

[図9]図9は、図7Aに示すセラミックヒータの断面を模式的に示す断面図である。

[図10]図10は、図7Aに示すセラミックヒータのリード部材接合部付近を示す部分拡大断面図である。

[図11]図11は、本発明の実施の形態3に係るセラミックヒータを示す斜視図である。

[図12]図12は、図11に示すセラミックヒータの構造を示す展開図である。

[図13A]図13Aは、発熱抵抗体を示す平面図である。

[図13B]図13Bは、発熱抵抗体を示す平面図である。

[図14A]図14Aは、本発明の実施の形態3における発熱抵抗体を示す平面図である

。

[図14B]図14Bは、本発明の実施の形態3における発熱抵抗体の別例を示す平面図である。

[図15]図15は、絶縁破壊を起こした発熱抵抗体の一例を示す平面図である。

[図16]図16は、本発明の実施の形態4に係るセラミックヒータにおける発熱抵抗体を示す平面図である。

[図17]図17は、本発明の実施の形態4に係るセラミックヒータの製造方法を示す展開図である。

[図18]図18は、リードピンの近傍を示す部分拡大断面図である。

[図19]図19は、本発明の実施の形態4に係るセラミックヒータを示す断面図である。

[図20A]図20Aは、ローラ増し締め装置を示す斜視図である。

[図20B]図20Bは、キズのついたローラ増し締め装置のローラを示す模式図である。

[図20C]図20Cは、キズのついているセラミック成形体を示す模式図である。

[図21]図21は、ローラ増し締め装置の別の例を示す斜視図である。

[図22]図22は、図21に示すローラ増し締め装置のローラ回転機構を示す模式図である。

符号の説明

- [0024] 1、50 セラミックヒータ、
- 2 セラミック芯材、
- 3 セラミックシート、
- 4、34、53、63 発熱抵抗体、
- 5、35 リード引出部、
- 54、64 リード部
- 55、65 電極引出部
- 6 スルーホール
- 12、13、32a、32b、52a、52b セラミック板
- 18、38、59 リード部材
- 33 封止材

発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下、本件発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

実施の形態1.

本実施の形態では、ヘアゴテ等に用いられるアルミナセラミックヒータを例に説明する。図1Aは、本実施の形態に係るセラミックヒータを示す斜視図であり、図1Bは、その展開図である。図1Aに示すように、セラミックヒータ1は、セラミック芯材2の周囲にセラミックシート3を巻き付けた構造を有する。セラミックシート3には、発熱抵抗体4とリード引出部5が形成されている。セラミックシート3上のリード引出部5は、セラミックシート3の裏面に形成される電極パッド7とスルーホール6を介して接合されている。図1Bに示すように、発熱抵抗体やリード部を形成したセラミックシート3を、発熱抵抗体4が内側になるようにセラミック芯材2に巻き付け、密着するように焼成すればセラミックヒータ1を製造できる。このようにセラミックヒータ1は、発熱抵抗体4をセラミックス部分と同時焼成することにより形成される。また、必要に応じて電極パッド7にリード線8がロウ付けされる。

[0026] 発熱抵抗体4は、図1Bに示すように蛇行したパターンに形成されている。リード部5は、発熱抵抗体4に対して抵抗値が1/10程度となるような幅で形成されている。通常は、製造工程を簡便化するために、セラミックシート3の上に発熱抵抗体4とリード引出部5を同時にスクリーン印刷などで形成する場合が多い。

[0027] 本実施の形態では、発熱抵抗体4を、その縁部の少なくとも1カ所がテーパ状となるように形成する点に特徴がある。図2は、セラミックヒータ1の長手方向に垂直な断面を模式的に示す断面図である。図2に示すように、発熱抵抗体4は、セラミック基体2及び3に埋め込まれている。発熱抵抗体4の縁部10は先細りのテーパ状に形成されている。図3は、発熱抵抗体4の縁部10の近傍を示す部分拡大断面図である。図3に示すように、発熱抵抗体4の縁部10は先細りのテーパ状に形成され、縁部の有する角度 ϕ が60°以下となるように制御されている。これに対し、従来のセラミックヒータでは、図4に示すように、発熱抵抗体4の縁部がほぼ矩形であった。ここで発熱抵抗体4の縁部10が有する角度 ϕ とは、発熱抵抗体の延在方向に垂直な断面から見て、発熱抵抗体4の縁部10の上側テーパ面と下側テーパ面の各中点を接点とする2本の接線を引いたときに、それらの接線の交差する角度を指す。

[0028] この角度 ϕ が 60° より大きいと、セラミックヒータ1を、急速昇温と急速降温を繰り返した場合、セラミック2及び3の熱膨張が発熱抵抗体4の熱膨張に追随せず、発熱抵抗体の縁部10へ応力が集中してクラックが発生したり、断線する問題が生じやすい。角度 ϕ を 60° 以下にすれば、発熱抵抗体4の縁部10における膨張量が小さくなるだけでなく、発熱抵抗体の縁部10の発熱量も少なくなるため、縁部10の周囲におけるセラミック中での熱の散逸が十分でなくとも、発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けることができる。従って、セラミックヒータを繰り返し急速昇温させても、クラックや断線が生じにくく、耐久性に優れたセラミックヒータが得られる。発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けるには、縁部10の角度 ϕ を小さくすることが好ましい。角度 ϕ が 45° 以下であることがより好ましく、 30° 以下であることが一層好ましい。但し、あまりに角度 ϕ を小さくすると発熱抵抗が大きくなるので、角度 ϕ は 5° 以上が好ましい。

[0029] 発熱抵抗体4の縁部の角度 ϕ は、発熱抵抗体4の全周にわたって 60° 以下に制御されても良いし、特に応力の集中する部分だけについて 60° 以下に制御しても良い。例えば、図1Bに示すように、発熱抵抗体4は、屈曲したパターンに配線されるが、そのパターン屈曲部9は応力が集中し易い。そこで、発熱抵抗体の屈曲部9において、発熱抵抗対の縁部が有する角度 ϕ を 60° 以下に制御することが好ましい。ここで屈曲部9とは、発熱抵抗体を配線するパターンの折り返し部分において直線パターン間をつなぐ曲線部分である。この箇所においては、内周部に比べ外周部の熱の散逸が大きく、発熱抵抗体の縁部10への応力集中が直線パターンよりも大きくなる。従って、屈曲部9における縁部10の角度 ϕ を 60° 以下とすることで、セラミックヒータの耐久性を効果的に向上させることができる。特に、耐久性を高めるには、発熱抵抗体が屈曲している部分の外周側において縁部10の角度 ϕ を 60° 以下とすることが好ましい。

[0030] 発熱抵抗体の縁部10が有する角度は、以下のようにして制御することができる。発熱抵抗体4は、一般にペースト状の原料を印刷した後、焼成することによって形成される。発熱抵抗体4の原料ペーストの粘度を下げ、TI値(チクソトロピーインデックス)も小さくすると、印刷形成した原料ペーストが乾燥前に拡がり、縁部にいくほど印刷厚

みが小さくなる。例えば、発熱抵抗体4の原料ペーストの粘度を5～200Pa・sにすることが好ましい。尚、発熱抵抗体4の原料ペーストの粘度を5Pa・sより小さくすると、印刷パターンの精度が得られず、200Pa・sより大きくなると、発熱抵抗体4のペーストの粘度を上がり、印刷した原料ペーストが広がる前に乾燥し易くなる。印刷パターンの精度と印刷膜厚の制御を両立させるには、原料ペーストの粘度が5～200Pa・sがより好ましく、5～150Pa・sがさらに好ましい。尚、原料ペーストの粘度は、例えば東京計器製のE型粘度計を用い、温度を25°C一定に保持した試料台に原料ペーストを適量載せ、毎秒10回転で5分間保持した時の最後の粘度を測定することによって決めることができる。

[0031] なお、TI値(チクソトロピーインデックス)とは、ペーストに剪断力が加わった時のペースト粘度の比率である。粘度計でペースト粘度を測定して、10倍に回転数を上げた場合の粘度で割った値をTI値とする。TI値が大きいということは、ペーストに剪断力が掛かると急激に粘度が減少する一方、剪断力が解放されると粘度が増加することを意味する。TI値が大きいと、プリント成形した際は粘度が減少して所望の形状にプリントすることができるが、プリントし後は粘度が高いため、発熱抵抗体の縁部10が矩形に近い形状になってしまふ。発熱抵抗体の縁部10の角度 ϕ を60°以下とするとには、原料ペーストのTI値を4以下にすることが好ましい。

[0032] また、上記のようにしてプリント形成した発熱抵抗体4をセラミックシートごとセラミックシートに対して垂直な方向から加圧すれば、さらに発熱抵抗体の縁部10の角度を小さくすることができる。発熱抵抗体の縁部10の角度は、セラミックヒータの断面SEM像から測定することができる。

[0033] また、発熱抵抗体の配線方向に垂直な断面において、発熱抵抗体の先端部がR0.1mm以下の曲線状であることが好ましい。先端部のRが0.1mmより大きいと、発熱抵抗体の縁部10を鋭利な形状にすることはできず、発熱抵抗体の縁部10の発熱量が大きくなり易い。発熱抵抗体の先端部をR0.1以下とすることにより、発熱抵抗体の先端部にいくほど発熱量が小さくなり、発熱抵抗体の縁部10への応力集中を抑制することができる。発熱抵抗体4の先端部の曲率半径は小さい方が好ましいため、R0.05以下がより好ましく、R0.02以下がさらに好ましい。

[0034] 発熱抵抗体4の幅方向の中央部における平均厚みが、 $100 \mu m$ 以下であることが好ましい。幅方向中央部の平均厚みが $100 \mu m$ を超えると、発熱抵抗体4の端部の発熱量と発熱抵抗体4の中央部の発熱量の差が大きくなるため、発熱抵抗体の縁部10に応力が集中し易くなる。発熱抵抗体4の幅方向中央部の平均厚みを $100 \mu m$ 以下とすれば、発熱抵抗体の縁部10の発熱量と発熱抵抗体の中央部の発熱量の差が小さくなり、発熱抵抗体の縁部10への応力集中を防止することができる。発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けるためには、発熱抵抗体の幅方向中央部の平均厚みが小さい方が好ましい。発熱抵抗体の幅方向中央部の平均厚みは、 $60 \mu m$ 以下がより好ましく、 $30 \mu m$ 以下がさらに好ましい。一方、発熱抵抗体4の幅方向中央部の平均厚みを小さくし過ぎると発熱量が小さくなるため、発熱抵抗体4の幅方向中央部の平均厚みを $5 \mu m$ 以上とすることが好ましい。

[0035] 発熱抵抗体の縁部10からセラミックヒータ表面までの距離は $50 \mu m$ 以上であることが好ましい。例えば図2では、発熱抵抗体4に垂直な方向に発熱抵抗体の縁部10からセラミックヒータ表面までの距離を考えたときに、その距離が $50 \mu m$ 以上であることが好ましい。発熱抵抗体の縁部10からセラミックヒータ表面までの距離が $50 \mu m$ よりも小さくなると、セラミックヒータ表面からの熱の散逸により、セラミック体の温度上昇が抑制される。このため、発熱抵抗体とセラミックの間に大きな熱膨張差が生じ、発熱抵抗体の縁部10に応力が集中して、セラミックヒータの耐久性が低下する。発熱抵抗体の縁部10からセラミックヒータ表面までの距離を $50 \mu m$ 以上とすれば、発熱抵抗体にかかる応力を低減することができる。発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けるためには、発熱抵抗体の縁部10からセラミックヒータ表面までの距離を大きい方が有利である。従って、発熱抵抗体の縁部10からセラミックヒータ表面までの距離は、 $100 \mu m$ 以上がより好ましく、 $200 \mu m$ 以上がさらに好ましい。

[0036] セラミック体3の厚みが $50 \mu m$ 以上であることが好ましい。セラミック体3の厚みが $50 \mu m$ より小さくなると、セラミックヒータ表面からの熱が散逸により、セラミックからだの温度上昇が抑制される。このため、発熱抵抗体とセラミックの間に大きな熱膨張の差が生じやすくなる。セラミック体の厚みを $50 \mu m$ 以上とすれば、発熱抵抗体の縁部10の熱膨張とセラミックの熱膨張との差が小さくなり、発熱抵抗体の縁部10への応力

集中を避けることができる。従って、セラミックヒータを繰り返し急速昇温させても、クラックの発生や断線を防止できる。発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けるには、セラミック体の厚みを大きくすることが好ましい。セラミック体の厚みは、100 μ m以上がより好ましく、200 μ m以上がさらに好ましい。

[0037] セラミック体3及び4の主成分が、アルミナまたは窒化珪素であることが好ましい。これらの材料からなるセラミック体を用いれば、発熱抵抗体と同時焼成で形成することができるため、残留応力を小さくすることができる。また、セラミックの強度も大きいことため、発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けることができる。従って、セラミックヒータの耐久性を向上させることができる。

[0038] セラミック体3及び4として、アルミナを主成分とするセラミックを用いる場合、 Al_2O_3 を88～95重量%、 SiO_2 を2～7重量%、 CaO を0.5～3重量%、 MgO を0.5～3重量%、 ZrO_2 を1～3重量%含むアルミナを使用することが好ましい。 Al_2O_3 含有量をこれより少なくすると、ガラス質が多くなって通電時のマイグレーションが大きくなるため、好ましくない。また、逆に Al_2O_3 含有量をこれより増やすと、内蔵する発熱抵抗体4の金属層内に拡散するガラス量が減少し、セラミックヒータ1の耐久性が劣化するので好ましくない。

[0039] 次に、発熱抵抗体4は、主成分がタンゲステンまたはタンゲステン化合物であることが好ましい。これらの材料は耐熱性が高いため、発熱抵抗体とセラミックを同時焼成で形成することが可能となる。従って、残留応力が小さくなり、発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けることができる。

[0040] 発熱抵抗体4は、その配線方向に垂直な断面における金属成分の面積比率が30～95%であることが好ましい。金属成分の面積比率が30%より小さくなったり、逆に金属成分の面積比率が95%より大きくなると、発熱抵抗体とセラミックスとの熱膨張差が大きくなる。発熱抵抗体4の断面における金属成分の面積比率が30～95%とすることで、発熱抵抗体の縁部10の熱膨張とセラミックの熱膨張との差を小さくし、発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けることができる。従って、セラミックヒータを繰り返し急速昇温させても、クラックの発生や断線が発生しにくくなり、セラミックヒータの耐久性を向上させることができる。発熱抵抗体の縁部10への応力集中を避けるには

、発熱抵抗体4の断面における金属成分の面積比率を40～70%とすることが、より好ましい。なお、発熱抵抗体4の断面における金属成分の面積比率は、SEMの画像、または、EPMA(Electron Probe Micro Analysis)法等の分析方法で特定できる。

[0041] セラミックヒータ1の電極パッド7は、焼成後1次メッキ層を形成することが好ましい。この1次メッキ層は、リード部材8を電極パッド7の表面にロウ付けする際に、ロウ材の流れを良くし、ロウ付け強度を増す働きをする。1次メッキ層は1～5 μ m厚みとすることで密着力が高くなるので好ましい。1次メッキ層の材質としては、Ni、Cr、もしくはこれらを主成分とする複合材料が好ましい。中でも、耐熱性に優れたNiを主成分とするメッキがより好ましい。この1次メッキ層を形成する場合、メッキ厚みを均一にするためには、無電解メッキが好ましい。無電解メッキを使用する場合、メッキの前処理としてPdを含有する活性液に浸漬すると、このPdを核にして置換するように1次メッキ層が電極パッド7の上に形成されるので、均一なNiメッキが形成される。

[0042] リード部材8を固定するロウ材のロウ付け温度を1000°C程度に設定すれば、ロウ付け後の残留応力を低減して耐久性が高くなるので好ましい。また、湿度が高い雰囲気中で使用する場合、Au系、Cu系のロウ材を用いることがマイグレーションが発生しにくくなるので好ましい。ロウ材としては、Au、Cu、Au-Cu、Au-Ni、Ag、Ag-Cu系ロウが、耐熱性が高く好ましい。特にAu-Cuロウ、Au-Niロウ、Cuロウが、耐久性が高いためより好ましく、Au-Cuロウがさらに好ましい。Au-Cuロウの場合、Au含有量が25～95重量%であると耐久性が高くなる。Au-Niロウの場合、Au含有量が50～95重量%であると耐久性が高くなる。Ag-Cuロウの場合、Ag含有量を71～73重量%とすると、共晶点の組成となり、ロウ付け時における異種組成の合金の生成を防止出来る。従って、ロウ付け後の残留応力を低減でき、セラミックヒータの耐久性が向上する。

[0043] ロウ材の表面には、高温耐久性向上及び腐食からロウ材を保護するために通常Niからなる2次メッキ層を形成することが好ましい。耐久性向上のためには、2次メッキ層を構成する結晶の粒径を5 μ m以下にすることが好ましい。この粒径が5 μ mより大きいと、2次メッキ層の強度が弱く脆いために高温放置環境下ではクラックの発生が確

認される。また、2次メッキ層の結晶の粒径が小さい方がメッキの詰まりも良いためにミクロ的な欠陥を防止出来る。また、2次メッキ層をなす結晶の粒径はSEMにて単位面積当たりに含まれる粒径を測定し、その平均値を平均粒径とする。2次メッキ後の熱処理温度を変化させる事で、2次メッキ層の粒径をコントロールする事が出来る。

[0044] リード部材8の材質としては、耐熱性良好なNi系やFe—Ni系合金等を使用することが好ましい。リード部材8の材質としてNiやFe—Ni合金を使用する場合、その平均結晶粒径を400 μ m以下とすることが好ましい。平均粒径が400 μ mを越えると、使用時の振動および熱サイクルにより、ロウ付け部近傍のリード部材8が疲労し、クラックが発生し易くなる。さらに、リード部材8の粒径がリード部材8の厚みより大きくなると、ロウ材とリード部材8の境界付近の粒界に応力が集中して、クラックが発生し易くなる。従って、リード部材8の粒径がリード部材8の厚みより小さい方が好ましい。

[0045] リード部材8の平均結晶粒径を小さくするためには、ロウ付けの際の温度をできるだけ下げ、処理時間を短くすればよい。ただし、ロウ付けの際の熱処理は、試料間のバラツキを小さくするためには、ロウ材の融点より十分余裕をとった高めの温度で熱処理することが好ましい。

[0046] セラミックヒータ1の寸法は、例えば外径ないしは幅が2—20mm、長さが40—200mm程度にすることが可能である。自動車の空燃比センサ加熱用のセラミックヒータ1としては、外径ないしは幅が2—4mm、長さが50—65mmとすることが好ましい。自動車用の用途では、発熱抵抗体4の発熱長さが3—15mmとなるようにすることが好ましい。発熱長さが3mmより短くなると、通電時の昇温を早くすることができるが、セラミックヒータ1の耐久性を低下させる。また、発熱長さを15mmより長くすると昇温速度が遅くなり、昇温速度を早くしようとするとセラミックヒータ1の消費電力が大きくなるので好ましくない。ここで、発熱長さというのは、図1で示す発熱抵抗体4の往復パターンの部分であり、この発熱長さは、その目的とする用途により、選択されるものである。

[0047] セラミックヒータ1の形状は、本実施の形態で説明した円柱状には限定されない。例えば、円筒状や板状であっても良い。円柱状や円筒状のセラミックヒータ1は、次のようにして製造できる。セラミックシート3の表面に発熱抵抗体4、リード引出部5、およびスルーホール6を形成し、その裏面には電極パッド7を形成する。そして、発熱抵抗

体4を形成した面を内側にして、セラミックシート3を円柱状又は円筒状のセラミック芯材2に巻き付ける。このときセラミック芯材2に円柱形状のものを用いれば円柱状のセラミックヒータ1になり、セラミック芯材2に円筒状のものを用いれば、円筒状のセラミックヒータ1とすることができます。そして、1500～1600℃の還元雰囲気中で焼成することにより、円柱状又は円筒状のセラミックヒータ1が得られる。また、焼成後、電極パッド7の上には1次メッキ層を形成し、リード部材8をロウ材で固定した後、さらにロウ材の上に2次メッキ層を形成する。

[0048] 板状のセラミックヒータの製法について、図5を用いて説明する。セラミックシート12の表面に発熱抵抗体4、リード引出部5、電極パッド7を形成する。そして、発熱抵抗体4を形成した面にさらに別のセラミックシート13を重ねて密着し、1500～1600℃の還元雰囲気中で焼成することにより、板状のセラミックヒータとする。また、焼成後、電極パッド7の上には1次メッキ層を形成し、リード部材38をロウ材で固定した後、さらにロウ材の上に2次メッキ層を形成する。

[0049] 本実施の形態で説明したことは、アルミナ質セラミックスに限定されるものではなく、窒化珪素質セラミックス、窒化アルミニウム質セラミックス、炭化珪素質セラミックス等、全てのセラミックヒータに当てはまる。

[0050] また、図6は、本実施の形態のセラミックヒータを用いた加熱こての一例を示す斜視図である。6の加熱こては、具体的にはヘアごてである。このヘアごては、先端のアーム22の間に髪毛を挿入し、取手21を掴むことにより、髪毛を加熱しながら加圧して髪毛を加工する。アーム22の内部には、セラミックヒータ26が挿入されており、髪毛と直接触れる部分には、ステンレス等の金属板23が設置されている。また、アーム22の外側には火傷防止のために耐熱プラスチック製のカバー25を装着した構造となっている。ここで、加熱こてとしてヘアごての例を示したが、本実施の形態のセラミックヒータは、はんだごて、焼きごて、アイロン等のいかなる加熱こてにも適用できる。

[0051] 実施の形態2.

本実施の形態では、2つのセラミック体の間に接合用の封止材を形成したセラミックヒータについて説明する。その他の点は、実施の形態1と同様である。図7Aは、本実施の形態のセラミックヒータを示す斜視図であり、図7Bは、そのX-X断面図である。

[0052] セラミックヒータ30は、セラミック基材31と、セラミック基材31に内蔵される発熱抵抗体34により基本的に構成されている。セラミック基材31は、2つのセラミック板32a及び32bと、これらを接合する封止材33という2つの無機材料からなる。図8に示すように、セラミック板32aの表面には、発熱抵抗体34とリード引出部35が形成されている。そして、発熱抵抗体34等を形成したセラミック板32aの上には、封止材33が形成され、その上にセラミック板32bが接合されている。セラミック板32bには切り欠き37が形成され、切り欠き37からリード引出部35の一部が露出している。露出したリード引出部35には、リード部材38がロウ材により固定されている。

[0053] このセラミックヒータ30では、セラミック板32aの表面に、高融点金属およびガラスを含有するペーストを塗布し、焼き付け処理することにより、焼成された発熱抵抗体34およびリード引出部35を形成できる。そして、その上に封止材33となるガラスペーストを塗布し、その上に別のセラミック板32bを重ねて熱処理することにより全体を一体化することができる。セラミック板32aの表面に発熱抵抗体34及びリード引出部35を焼成された状態で形成すれば、その抵抗値の調整が可能となる。すなわち、発熱抵抗体34及びリード引出部35の抵抗を測定し、所望の抵抗範囲に入るように発熱抵抗体34をトリミングすることができる。

[0054] これに対し、実施の形態1で説明したように発熱抵抗体をセラミック基体に埋設してから焼成一体化した場合、抵抗値の調整が難しかった。尚、単純に発熱抵抗体をセラミック基体の表面に形成すれば、発熱抵抗体の抵抗値をトリミング等の手法で調整することが可能となるが、発熱抵抗体を表面に露出させると、耐久性が低下する。

[0055] 本実施の形態では、セラミック基材31が2つの無機材料からなり、発熱抵抗体34をトリミングなどした後に封止材33で覆うため、耐久性が高い。また、発熱抵抗体34を焼成した後であっても、封止材33の上に別のセラミック板32bを接合できるため、封止材33へのクラック発生なども防止できる。

[0056] 前記封止材33は、ガラスを含む材料から成ることが好ましい。封止材33に使用するガラスは、ガラス転移点以下の温度における熱膨張率とセラミック板32a及び32bとの熱膨張率の差を $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ の範囲内とすることが好ましい。熱膨張率の差がこの範囲を越えると、使用中に封止材33に加わる応力が大きくなり、封止材33にクラッ

クが発生し易くなる。好ましくは熱膨張率の差が $0.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以内、さらに好ましくは $0.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以内、理想的には $0.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以内であることが望ましい。

[0057] また、前記封止材33は、その内部に形成されるボイド率を40%以下にすることが好ましい。このボイド率が40%を越えると使用中の熱サイクルにより封止材33にクラックが発生し、セラミックヒータ30の耐久性が低下するので好ましくない。封止材33とその上に重ねるセラミック体32bの平坦度がずれないと、両者の接合時にボイドが生成しやすくなる。さらに好ましくは、封止材33のボイド率を30%以下にする方が良い。封止材33のボイド率は、図9に示すように、セラミックヒータ30の断面を研磨し、その断面に露出した封止材33の面積 S_g に対するボイド部分11の面積 S_b の比率を計算することにより求めることができる。面積 S_g 、 S_b は、電子顕微鏡写真(SEM)による像を画像解析することにより簡便に測定することも可能である。

[0058] 封止材33の平均厚みは、1mm以下とすることが好ましい。封止材33の厚みが1mmを越えると、セラミックヒータ30を急速昇温させた場合に、封止材33にクラックが発生するので好ましくない。封止材33の厚みが $5 \mu\text{m}$ 未満では、発熱抵抗体34の周囲に形成される段差を封止材が充分埋めることができず、ボイド11が多発して、セラミックヒータ30の耐久性が低下する場合がある。

[0059] また、封止材33の形成においては、セラミック板32a上に塗布した封止材の原料(ガラスなど)を一旦溶解し、脱気をしてから別のセラミック板32bを重ねて封止すれば、封止材33に発生するボイド11の生成を抑制することができる。

[0060] また、セラミック板32a及び32bは、アルミナ、ムライト等の酸化物セラミックスとすることが好ましい。但し、窒化珪素、窒化アルミニウム、炭化珪素等の非酸化物セラミックスを用いても構わない。非酸化物セラミックスを用いる場合、酸化雰囲気中で熱処理し、セラミック板32aの表面に酸化層を形成すると、発熱抵抗体34、リード引出部35及び封止材33との濡れが良くなり、セラミックヒータ30の耐久性が向上する。

[0061] セラミック板32a、32bの表面の平坦度は、 $200 \mu\text{m}$ 以下とする事が好ましい。さらに好ましくは、 $100 \mu\text{m}$ 以下、理想的には $30 \mu\text{m}$ 以下とすることがよい。セラミック板32a、32bの表面の平坦度が $200 \mu\text{m}$ を越えると、封止材33に図9に示すようなボイド11が発生しやすくなり、セラミックヒータ30の耐久性が低下するので好ましくない。

[0062] また、酸化物セラミックスの場合、焼結した表面をそのまま使用する方が好ましい。これは、焼成時にセラミックス中のガラスが表面に浮き出していくので、発熱抵抗体34やリード引出部35が形成しやすくなるからである。

[0063] また、発熱抵抗体34に用いる材料としては、W、Mo、Reの単体もしくはこれらの合金、TiN、WC等の金属珪化物、金属炭化物などを使用することが可能である。発熱抵抗体34の材料として、これらののような高融点の素材を用いると、使用中に金属の焼結が進むようなことがないので、耐久性が向上する。

[0064] また、図10は、リード部材9のロウ付け部の一例を示す拡大図である。図10に示すように電極パッド35の周辺部をセラミック板32aと32bの間に挟み込むようにすれば、電極パッド35の接合強度を向上させることができる。電極パッド35の表面には、一次メッキ層41aを形成する。これによりリード部材38のロウ付けの際のロウ材40の流れ性を良好にすることが可能となる。この時、リード部材38を固定するロウ材40のロウ付け温度を1000°C以下に設定すれば、ロウ付け後の残留応力を低減できるので良い。ロウ材40の表面には、実施の形態1と同様に、2次メッキ層41bを形成することが好ましい。

[0065] 実施の形態3.

本実施の形態では、各種点火用ヒータなど高温、高電圧の用途に用いられる、窒化珪素質セラミックスを母材としたセラミックヒータを例に説明する。図11は、本実施の形態に係るセラミックヒータを示す斜視図であり、図12は、その分解斜視図である。セラミック基体52中に、発熱抵抗体53とリード部54と電極引出部55が埋設されている。電極引出部55には、不図示のロウ材を介して電極金具56に接続されている。また、電極金具56にはリード部材59が接続されている。

[0066] 図11及び図12に示すセラミックヒータは、セラミック板52aの表面に発熱抵抗体53、リード部54および電極引出部55をプリントした後、別のセラミック板52bを重ねて、1650～1780°Cの温度でホットプレス焼成し、電極金具56を取り付けることによって作製できる。

[0067] セラミックヒータは、電位差が高く温度が600°C以上となる箇所において絶縁破壊が発生しやすい。このためセラミックヒータの小型化が進んで発熱抵抗体53同士の

間隔が狭くなると、絶縁破壊が発生しやすくなる。一般に、窒化珪素質を母材とするセラミックヒータを、高温、高電圧下で使用すると、発熱を繰り返すうちに焼結助剤であるイッテルビウム(Yb)、イットリウム(Y)、エルビウム(Er)等が電界によってマイグレーションを起こし、発熱抵抗体53のパターン間領域57において焼結助剤の蜜度が疎になり、絶縁破壊にいたる。絶縁破壊58は、図15に示すように、電位差の高いパターン間領域57を起点として発生し、リード部54を含めた形で発生する。絶縁破壊した部分では、発熱抵抗体53の溶融によりショートが起きている。

[0068] 絶縁破壊を防止するためには、高電圧がセラミックヒータに印加されないようにコントローラー等を用いて電圧を制御する方法もあるが、コストがかかる。コントローラー等による制御を使用せずに、電圧変動によって高電圧が印加されても耐久性が良好なワイドレンジ仕様のセラミックヒータが望まれている。

[0069] セラミックヒータ50は、図14Aに示すように、発熱抵抗体53の配線距離が長くなるように、線状の発熱抵抗体53が折り返しを繰り返して往復するように形成されている。発熱抵抗体53が折り返しを繰り返す往復パターンに形成されている場合、平行な2本の発熱抵抗体53に挟まれた細長いパターン間領域57が形成される。このパターン間領域57に発生する電位差は一定ではなく、発熱抵抗体の配線方向に沿って変化する。すなわち、発熱抵抗体53が折り返した部分に近いパターン間領域57では電位差が小さく、折り返した部分から遠いパターン間領域57では電位差が大きくなる。言い換えれば、発熱抵抗体53のパターン間領域57は、領域の端部が閉じている側で電位差が低く、領域の端部が開放されている側で電位差が高くなる。本実施の形態は、例えば、図14A及びBに示すように、このように発熱抵抗体53が往復して形成されている場合に、電位差の高い側のパターン間距離 W_1 を広く、電位差の低い側のパターン間距離 W_2 を狭くした点に特徴がある。

[0070] 電位差の高い側のパターン間領域57の距離 W_1 を広くして、電界強度を $120V/m$ 以下にすれば、焼結助剤のイオン移動によるマイグレーションが抑制され、絶縁破壊が防止できる。ここで電界強度は、下記の式より得られる。式中、 V_0 は、セラミックヒータを $1400^{\circ}C$ に保持する印加電圧である。 L_1 は、発熱抵抗体53の電位差の高い側の端部にある離間した2点、即ちU字状の発熱抵抗体パターンにおけるU字の始点

と終点を考えたときに、その一方の点から他方の点に至るまでの発熱抵抗体5に沿った長さである。 L_0 は、発熱抵抗体53の全長である。 V_1 は、電位差の高い側のパターン間57にかかる電位差である。 W_1 は、パターン間距離である。

$$V_1 = L_0 / L_0 \times V_0$$

$$\text{電界強度} = V_1 / W_1$$

[0071] 電位差の高い側の電界強度は、80V/mm以下にすることが一層好ましい。また、蛇行状に埋設された発熱抵抗体53のパターン間距離Wを、電位差の高い側から電位差の低い側に向かって連続的に変化させることが好ましい。電位差が高い方から低い方へ連続的に幅Wが狭くなるに伴い、絶縁距離も連続的に短くなるため、電位差と絶縁距離の関係が略一定に保たれる。従って、焼結助剤のイオン移動によるマイグレーションが抑制され、セラミックヒータ50の破壊モードが絶縁破壊より発熱抵抗体損傷に変化する。

[0072] 次に、本実施の形態に係るセラミックヒータの製造方法について説明する。

まず、セラミック基体52aを作製する。セラミック基体52aは、高強度、高韌性、高絶縁性、耐熱性の観点で優れている、窒化珪素質セラミックスを用いることが好ましい。主成分の窒化珪素に対し、0.5～3重量%の Al_2O_3 と、1.5～5重量%の SiO_2 と、焼結助剤として3～12重量%の Y_2O_3 、 Yb_2O_3 、 Er_2O_3 等の希土類元素酸化物とを添加混合して原料粉末とする。この原料粉末をプレス成形することでセラミック成形体52aが得られる。得られたセラミック板52aに、タングステンやモリブデン、レニウム等、或いはこれらの炭化物、窒化物等に適当な有機溶剤、溶媒を添加混合したペーストをスクリーン印刷法等によりプリントし、発熱抵抗体53、リード部54及び電極引出部55を形成する。その上面に別のセラミック成形体52bを重ねて密着させ、約1650～1780°Cでホットプレス焼成する。こうして本実施の形態にかかるセラミックヒータが製造できる。上述の SiO_2 量は、セラミック基体52に含まれる不純物酸素から生成する SiO_2 と添加した SiO_2 の合計量である。

[0073] また、セラミック基体52に MoSi_2 や WSi_2 を分散させ熱膨張率を発熱抵抗体53の熱膨張率に近づげることにより、発熱抵抗体53の耐久性を向上させることが可能である。

。

[0074] また、発熱抵抗体53としては、W、Mo、Tiの炭化物、窒化物、珪化物を主成分とするものを使用することが可能であるが、中でもWCが熱膨張率、耐熱性、比抵抗の面から発熱抵抗体3の材料として優れている。発熱抵抗体53は、無機導電体のWCを主成分とし、これに添加するBNの比率が4重量%以上となるように調整することが好ましい。窒化珪素セラミックス中で、発熱抵抗体53となる導体成分は窒化珪素に較べて熱膨張率が大きいため、通常は引張応力が掛かった状態にある。これに対して、BNは、窒化珪素に較べて熱膨張率が小さく、また発熱抵抗体3の導体成分とは不活性であり、セラミックヒータ1の昇温降温時の熱膨張差による応力を緩和するのに適している。また、BNの添加量が20重量%を越えると抵抗値が安定しなくなるので、20重量%が上限である。さらに好ましくは、BNの添加量は、4～12重量%とすることが良い。また、発熱抵抗体3への添加物として、BNの代わりに窒化珪素を10～40重量%添加することも可能である。窒化珪素の添加量を増すにつれ、発熱抵抗体3の熱膨張率を母材の窒化珪素に近づけることができる。

[0075] 実施の形態4.

本実施の形態では、実施の形態3と同様に、各種点火用ヒータなど高温、高電圧の用途に用いられる、窒化珪素質セラミックスを母材としたセラミックヒータを例に説明する。本実施の形態でも、窒化物セラミックスを主成分とするセラミック基体52の中に、導電性セラミックスからなる発熱抵抗体53及び発熱抵抗体53に電力を供給するためのリード部54が埋設されている。また、100V以上の高電圧を印加される。本実施の形態は、このようなセラミックヒータにおいて、発熱抵抗体53とリード部54との間隔Yを1mm以上としたことを特徴とする。その他の点は、実施の形態3と同様である。

[0076] 図16に示すように、発熱抵抗体53は、複数の折り返しを有している。またリード部54は、発熱抵抗体53よりもパターン幅が広くなっている部分を指す。発熱抵抗体53とリード部45との間隔Yは、両端部間の最短距離を意味するものである。発熱抵抗体53の端部とは、図16に示すように折り返しの端部を意味する。また、リード部4の端部とは発熱抵抗体3よりもパターン幅が広くなり始めた箇所を意味する。

[0077] 発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを1mm未満とすると、セラミックヒータ1の使用温度が1100°C以上に高くなった場合、加熱冷却の繰り返しにより比較的短時間で

絶縁破壊に至り易い。絶縁破壊は、電位差及び温度が高い箇所において発生しやすい。図15に示したように、通常、絶縁破壊58は、発熱抵抗体53に近いリード部54を起点として、発熱抵抗体53の端部を含めた形で発生する。電極金具56からリード部先端までは抵抗値が低いため、リード部54の端部と発熱抵抗体53の端部との間の部分は、電位差は大きい。また、この部分は、発熱部である発熱抵抗体53の近くであるため比較的温度が高くなる。従って、リード部54の端部と発熱抵抗体53の端部との間の部分において絶縁破壊に至るものと考えられる。

[0078] 発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを1mm以上とすることにより、セラミックヒータ50の破壊モードが絶縁破壊より発熱抵抗体53の損傷に変化する。発熱抵抗体53の耐久性は、印加電圧差にほとんど影響されないため良好な耐久性が得られる。図16に示すように、発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを1mm以上とすることにより、発熱抵抗体53とリード部54の絶縁距離が保てる。また、発熱抵抗体の最高温度を110°Cにすると、発熱抵抗体53の折り返し部におけるリード部側端部とリード部端部との温度差が80°C以上に下がるため、絶縁破壊58が発生しにくくなる。

[0079] また、セラミックヒータ50は、幅寸法Hが6mm以下であり(図11参照)、リード部54のパターン間距離Xが1mm～4mmである場合(図16参照)、リード部4のパターン間距離Xと発熱抵抗体3とリード部4の間隔Yとの関係が次式を満たすことが好ましい。

$$Y \geq 3X^{-1}$$

この関係を充足するように発熱抵抗体53とリード部54とを配置すれば、絶縁破壊に対する耐久性を改善することが可能となる。リード部54のパターン間距離Xが小さくなるほど高電圧を印加したときの絶縁破壊が生じやすくなるが、発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを広げることで耐久性を良好に保つことができる。

[0080] 上述の通り、発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを1mm以上とすることで良好な耐久性を得られる。しかし、セラミックヒータ50の寸法の制限等でリード部54のパターン間距離Xが4mm以下になる場合は、幅寸法Hが6mmを越えてリード部4のパターン間距離Xが4mmを越える場合は、絶縁破壊の抑制が不十分となり易い。そこで、リード部54のパターン間距離Xと発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yとが上式を充足

するように発熱抵抗体3とリード部4とを配置すれば、幅寸法Hが6mmより大きく、リード部54のパターン間距離Xが4mmより大きなセラミックヒータと同等の耐久性を得ることができる。この理由は、発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを長くすることで、リード部54の端部における温度を下げることができるためである。

[0081] さらに、本実施の形態のセラミックヒータにおいて、発熱抵抗体53の折り返し部のリード部54側の一部に、他の部分に比べて断面積を大きくした第2発熱部53bを形成することが好ましい。発熱抵抗体53中の第2発熱部53bの断面積は、発熱抵抗体53の他の部分に比べて1.5倍以上にすることが好ましい。第2発熱部53bを設けることによって、発熱抵抗体の最高温度部を1100°Cにした際、発熱抵抗体の折り返し部のリード部側端部とリード部端部との温度差を100°C以下にできる。従って、絶縁破壊58の発生を抑制して、さらに耐久性を向上させることができる。第2発熱部53bの断面積の上限は、セラミックヒータ50の幅Hで決まる。第2発熱部53bは、パターン幅を広げれば断面積を大きくすることができるが、第2発熱部53bのパターン間距離を0.2mm以上に保つことが好ましい。第2発熱部53bの長さは、発熱抵抗体全体の10%～25%とすることが有効である。10%を下回ると第2発熱部を設けないパターンとの温度分布に差がない。また、25%を上回るとセラミックヒータ50の点火性能に影響がでる。

[0082] 実施の形態5.

図17は、本実施の形態に係るセラミックヒータを示す分解斜視図である。セラミック成形体62a、62bの表面に発熱抵抗体63および電極引出部65がプリントされ、これらを接続するようにリードピン64が設置されている。このように加工したセラミック成形体62a、62bを別のセラミック成形体62cを間に入れて重ねた後、1650～1780°Cの温度でホットプレス焼成する。これによって、セラミックヒータ60を作製することができる。

[0083] セラミック基体62は、板状体からなるセラミック成形体62a、62b、62cが重畳されて形成されている。セラミック基体62としては、実施の形態3と同様の窒化珪素質セラミックスを用いることが好適である。また、セラミック基体62の母材である窒化珪素にM_oSi₂やWSi₂を分散させることにより、セラミック基体62の熱膨張率を発熱抵抗体63

の熱膨張率に近づけることができる。これにより、発熱抵抗体63の耐久性が向上する。

[0084] 本実施の形態のセラミックヒータ60は、炭素を含有するセラミック基体62の内部に発熱抵抗体63と発熱抵抗体63に接続されたリードピン64とを有するセラミックヒータ60において、セラミック基体62に含まれる炭素量を0.5～2.0重量%としたことを特徴とする。このような調整により、リードピン64表面の炭化層の生成を抑制し、耐久性良好なセラミックヒータを得ることができる。

[0085] すなわち、セラミック基体62中でマイグレーションの原因となる SiO_2 を減らす目的で、セラミック基体62に炭素を添加する場合がある。これによってセラミック基体62の粒界層がより高融点となり、セラミック基体62中のマイグレーションが抑制される。しかし、炭素量が多くなると、図18に示すように、リードピン64の表層に炭化した脆化層68が形成され、脆くなるという問題が発生する。この炭化層68は、セラミックヒータの抵抗値を上昇させたり、初期特性に影響を与えるものではない。しかしながら、発熱を繰り返すうちに、リードピン64は膨張、収縮を繰り返し、最後は断線に至る。

[0086] 本件発明者等は、セラミック基体62に含有される SiO_2 の悪影響を防止するための炭素の含有量を検討したところ、次のような理由により、炭素の含有量が0.5～2重量%で耐久性の高いセラミックヒータが得られることを見いたしました。

[0087] まず、セラミック基体62の炭素量が0.5重量%未満であれば、セラミック基体2に使用する窒化珪素の不可避不純物として含有される SiO_2 の量が多くなる。このため、セラミック基体62中の粒界のガラス層が多くなってマイグレーションが発生しやすくなり、高温使用時のセラミックヒータの耐久性が低下する。

[0088] 一方、セラミック基体62の炭素量が2.0重量%を越えると、 SiO_2 による悪影響は無くなるものの、リードピン64として使用するW、Mo、Re等の1種もしくは組み合わせからなる金属の表面が炭化され易くなり、炭化層68の平均厚みが80 μm を越える場合がでてくる。リードピン64の表面に形成される炭化層68の平均厚みが80 μm を越えると、セラミックヒータ60の耐久性が劣化する。

[0089] セラミック基体62となるセラミックス原料に対して炭素を添加するのはマイグレーションの原因となる SiO_2 を減らすためである。しかしながら、炭素を添加すると焼成時の

熱履歴により、リードピン64の周囲に炭化層68が形成される。 SiO_2 はセラミックスの粒界層を生成するため、セラミックスの焼結を促進するのに効果がある。しかし、 SiO_2 の量が多すぎると粒界層の融点が低下するので、セラミック中でマイグレーションが発生しやすくなりセラミックヒータの耐久性が低下する。そこで、本実施の形態のようにセラミック基体中の炭素の添加量を調整することにより、焼結性を粗害しない程度に SiO_2 を減らし、セラミック基体62中のマイグレーションを抑制することが可能となる。また、同時に、リードピン64の表面への炭化層68の生成を抑制してセラミックヒータの耐久性を改善することができる。

[0090] セラミック基体62に含有される炭素としては、意図的に添加した炭素以外にも、バインダの炭化によって生成したものも含まれる。従って、セラミック基体62に含まれる炭素量を0.5～2.0重量%に制御するには、セラミック基体62に添加する炭素量自身を調整する以外にも、セラミック成形体に含有されるバインダから生成する炭素量を調整することが望ましい。バインダから生成する炭素量を調整するには、セラミック成形体に含有されるバインダの量を変更したり、バインダの熱分解性を変更したり、セラミック成形体の焼成条件を変更したりすることが有効である。

[0091] 尚、セラミックヒータの耐久性を向上するには、セラミック基体62に不可避的に含まれる SiO_2 の量を減少させることも有効である。窒化珪素質セラミックスの場合、ホットプレス時の初期圧力を5～15MPa程度に設定し、その後20～60MPaの圧力を掛けよう2段加圧を実施し、この圧力を上げる過程における温度を1100～1500°Cに変更することにより、 SiO_2 が SiO の形で蒸発し易くなり、 SiO_2 量を減少させることができる。

[0092] リードピン64の線径が0.5mm以下であり、かつ、リードピン64表面の炭化層68の平均厚みを80 μm 以下とすることにより、耐久性良好なセラミックヒータ60とすることができます。リードピン64の線径が0.5mmを越えると、セラミック基体62とリードピン64との熱膨張率差によって熱サイクル中にリードピン64が応力疲労を起こし、耐久性が劣化する。リードピン64の線径は、0.35mm以下とすることがさらに好ましい。一方、リードピン64の最小径は、発熱抵抗体63とリードピン64の抵抗比によって決まる。セラミックヒータ60の発熱抵抗体63の部分で選択的に発熱するように、リードピン64の

抵抗値は発熱抵抗体63の抵抗値の1/5以下、さらに好ましくは1/10以下とすることが好ましい。また、リードピン64表面の炭化層8の平均厚みが80 μ mを越えると、使用中の熱サイクルによりセラミックヒータの耐久性が劣化するので好ましくない。なお、リードピン64表面の炭化層68の平均厚みは、20 μ m以上であることが好ましい。

[0093] さらに、リードピン64の結晶粒径が30 μ m以下であることが望ましい。このような調整により、セラミックヒータの使用中に、リードピン64に生じるクラックの進展を抑制することが出来る。リードピン64の結晶粒径が30 μ mをこえるとクラックの進展が早くなるため好ましくない。リードピン64の結晶粒径は20 μ m以下がさらに好ましい。リードピン64の結晶粒径を30 μ m以下にするには、セラミック基体に含有されるNa、Ca、S、O等の不純物を減らす必要がある。特にNaは、500ppm以下にすることが好ましい。また、リードピン64の結晶粒径を制御するには、セラミック基体に含有される焼結助剤の量を変更したり、焼成温度を変更することが有効である。尚、リードピンの結晶粒径が1 μ m以下になるような製造条件にすると、発熱抵抗体63の焼結が進まず、かえって耐久性が劣化する。

[0094] また、セラミックヒータ使用時のリードピン64の温度を1200°C以下にすることが好ましい。さらに好ましくは、リードピン64の温度が1100°C以下になるようにすることが好ましい。リードピン64付近の温度を下げることにより、リードピン64に対する熱応力が小さくなりセラミックヒータの耐久性が良好になる。

[0095] 発熱抵抗体63としては、W、Mo、Tiの炭化物、窒化物、珪化物を主成分とするものを使用することが可能であるが、中でもWCが熱膨張率、耐熱性、比抵抗の面から発熱抵抗体3の材料として優れている。また、発熱抵抗体63は無機導電体のWCを主成分とし、4重量%以上のBNを添加することが好ましい。発熱抵抗体63となる導体成分は窒化珪素に較べて熱膨張率が大きいため、窒化珪素セラミックに埋設された発熱抵抗体63には引張応力が掛かった状態にある。BNは、窒化珪素よりも熱膨張率が小さく、また発熱抵抗体63の導体成分とは不活性である。従って、BNは、セラミックヒータの昇温降温時の熱膨張差による応力を緩和するのに適している。また、発熱抵抗体63に対するBNの添加量が20重量%を越えると抵抗値が安定しなくなる

。発熱抗体63に対するBNの添加量は、4～12重量%とすることがより好ましい。発熱抗体63への添加物として、BNの代わりに窒化珪素を10～40重量%添加することも可能である。

[0096] 発熱抗体63は、図19に示すように、主として発熱する第一の発熱抗体63aと、リードピン4と接続し、その接点の温度を下げるため第一の発熱抗体63aよりも低抵抗化した第二の発熱抗体63bと、からなるようにしても構わない。図19のセラミックヒータでは、セラミック基体62中に第一の発熱抗体63aと第二の発熱抗体63bとリードピン64と電極引出部65が埋設されている。電極引出部65が不図示のロウ材を介して電極金具66に接続される。また、セラミックヒータ60を用いる設備等に固定するための保持金具67がロウ付けされている。

[0097] 上記実施の形態1～5では、それぞれ円柱状、板状などの特定の形状のセラミックヒータを例に説明した。しかしながら、各実施形態で説明したセラミックヒータは、他の実施形態で説明された形状にしても構わない。本実施の形態では、セラミックヒータが円柱形である場合の製造方法について詳細に説明する。

[0098] まず、セラミックシート3を作製する。 Al_2O_3 を主成分として、 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 ZrO_2 を適宜混合したセラミック粉末を準備する。さらに、有機バインダー、有機溶剤を適宜混合してスラリーとし、これをドクターブレード法でシート状に成形する。このセラミックシートを適當な大きさに切断する。セラミック原料粉末の主材料としては、高温高強度セラミックであればどのようなもの（例えば、ムライトやスピネル等のアルミナ類似のセラミックなど）を用いてもよい。そして、焼成促進剤として酸化ホウ素(B_2O_3)を配合してもよい。各原料は、所定の網目構造となりえるものであれば酸化物以外の形態で配合しても良い。例えば、炭酸塩などの各種塩や水酸化物として配合してもよい。

[0099] 次に、セラミックシート3の表面に、W、Mo、Reの内1種以上の金属からなる高融点金属ペーストを厚さ10～30 μm でスクリーン印刷して、発熱抗体4とリード引出部5を形成する。このとき、発熱抗体4とリード引出部5がセラミックシート3の長手方向に配置されるようにする。

[0100] 次に、セラミックシート3の裏面において、表面側に形成されたリード引出部5に向する位置に、厚さ10～30 μm の高融点金属ペーストから成る電極パッド7を、スク

リーン印刷法等の手法を用いて形成する。続いて、リード引出部5と電極パッド7とを導通するためのスルーホール6をセラミックシート3に開口し、当該スルーホール6内に高融点金属ペーストを充填する。

[0101] 尚、高融点金属ペーストとしては、主にタンゲステン(W)、モリブデン(Mo)及びレニウム(Re)などの高融点金属を用いる。尚、悪影響を与えない限りにおいて、セラミックシート3と同材料の酸化物等を発熱抵抗体4の材料中に若干混在させてもよい。また、発熱抵抗体4、リード引出部5、及び電極パッド7は、ペースト印刷法以外の適宜な方法(化学メッキ法、CVD(Chemical Vapor Deposition)法、PVD(Physical Vapor Deposition)法など)を用いて形成してもよい。

[0102] セラミック原料粉末からセラミック芯材2を作製する。すなわち、セラミック原料粉末に、溶剤と、結融合剤としてメチルセルロース1%、マイクロクリスタリンワックス(商品名)15%、水10%を添加して混練する。そして、押し出し成形法で円筒状に成形し、所定寸法に切断後、1000～1250℃で仮焼することにより、セラミック芯材2を作製する。

[0103] 次に、セラミックシート3をセラミック芯材2に巻きつける方法を説明する。

セラミックシート3の発熱抵抗体4とリード引出部5が形成された面にセラミック被覆を塗布し、その上にセラミック芯材2を載置する。このとき、セラミックシート3の長手方向に対して平行な位置にセラミック芯材2が配置されるように、セラミックシート3に対してセラミック芯材2を1本ずつ載置する。そして、作業者の手作業により、セラミック芯材2を手のひらで転がしてセラミックシート3をセラミック芯材2に巻き付ける。

[0104] 次に、セラミックシート3とセラミック芯材2を密着するローラ装置について説明する。図20Aは、増し締めを行うためのローラ装置の構造を説明するための斜視図である。ローラ装置は、ローラ群83と搬送装置82から構成されている。巻き付けされたセラミック成形体14はベルトコンベア92上を搬送されて傾斜板91まで送られ、下ローラ101と下ローラ102の間に落下する。ここで、上ローラ103のローラ軸109には、付勢装置104の伸縮ロッド105により、ローラ軸107及びローラ軸108の中心の方向に一定の付勢力が付与される。この状態で回転駆動機能のついた下ローラ102が回転することによりセラミック成形体14は下ローラ101、下ローラ102、上ローラ103の外周面

から押圧されて回転する。その結果、セラミックシート2がセラミック芯材3の外周に強固に巻き付けられる。

[0105] しかしながら、この増し締め方法では、セラミック成形体14を平行な2本の下ローラ101, 102の間に載せて上ローラ103で加圧しながら回転させ密着する際に、2本の下ローラ101, 102に対して平行でない状態でセラミック成形体14が供給されることがある。その状態で加圧し回転してしまうと、例えば図20Bに示すように、上下のローラの表面にキズ20がつく。そのようなローラを用いて増し締めを行うと、図20Cに示すように、セラミック成形体14の表面にキズ20が転写されて不良となる。

[0106] そこで図20Aに示す装置に代えて、図21に示すような増し締め装置を用いても良い。図21に示す装置では、セラミックシート3を周回密着したセラミック成形体14を2本の回転する下ローラ101, 102間に供給して該下ローラ101, 102間に平行とした後、上ローラ103でセラミック成形体14を押圧回転してセラミック芯材3とセラミックシート2を密着させる。これにより、セラミック成形体14が下ローラ101, 102に対して斜めに乗り、上ローラ103でセラミック成形体14を押圧した際に下ローラ101, 102の表面が傷つくことを防止できる。

[0107] 図21に示す装置は、詳細には次のような構成を有する。図21の装置は、搬送装置82と増し締め装置83から構成される。搬送装置82は、傾斜板91およびベルトコンベア92及び供給検知センサ114から構成されている。増し締め装置83は、下ローラ101、下ローラ102、上ローラ103、付勢装置104及び110、上ローラ下死点検知センサ113、取り出し検知センサ115、取り出しテーブル116から構成されている。付勢手段としての付勢装置104、110は、伸縮ロッド105、111および空圧シリンダ106、112から構成されている。伸縮ロッド105、111の先端には軸受けが設けられ、伸縮ロッド105、111の後端は空圧シリンダ106、112に接続されて伸縮されるようになっている。円柱形の下ローラ101、102、上ローラ103はゴム弾性を有する弾性材料を被覆したものによって形成され、3本の各ローラの幅はセラミック成形体14の長さ以上に設定されている。

[0108] 下ローラ101、下ローラ102の各ローラ軸107、108は、それぞれ同じ高さで水平かつ平行に配置されている。上ローラ103は、2本の下ローラの中央に水平に配置され

ている。下ローラ102のローラ軸108は、回転可能になっており、そのローラ軸108の位置は固定されている。下ローラ101のローラ軸107は、伸縮ロッド111の先端の軸受に接続され回転可能になっている。そして、伸縮ロッド110の伸張により、ローラ軸107はローラ軸108の方向(図22の矢印A方向)に一定の付勢力が付与される。加えて上ローラ103のローラ軸109は伸縮ロッド105の伸張により、ローラ軸109はローラ軸107及びローラ軸108の中心の方向(図21の矢印B方向)に一定の付勢力が付与される。

[0109] また、下ローラ102の回動装置(図示略)により、ローラ軸108を中心として、下ローラ101、102、上ローラ103は同一方向(図4の矢印C方向)に回動されるようになっている。供給検知センサ114はベルトコンベア92上にセラミック成形体14がセットされたことを検知できる。また、取り出し検知センサ115は取り出しテーブル116にセラミック成形体が取り出されたことを検知できる。また、上ローラ下死点検知センサ113は上ローラ103が下死点まで到着したことを検知できる。

[0110] 2本の下ローラ101、102及び上ローラ103の直径が、前記セラミック成形体14の直径の0.5～6.4倍であることが好ましい。各ローラの外形がセラミック成形体14の外径に対して0.5倍以下では、セラミック成形体14に対する締め付け応力が小さくなる。各ローラの外径がセラミック成形体14の外径に対して6.4倍以上になると、締め付け応力が小さくなり、作業性も悪くなる。

[0111] 特に、上ローラ103の直径が、セラミック成形体14の直径の0.5～2倍であることが好ましい。また、2本の下ローラ101、102間の間隔aが、前記セラミック成形体14の直径bに対して、 $0 < a \leq 1/2b$ であることが好ましい。
 $a=0$ では下ローラ101、102同士が接触し回転できない。 $a > 1/2b$ ではセラミック成形体14に対する締め付け応力が小さくなる。

[0112] また、2本の下ローラ101、102及び上ローラ103の芯部分に鋼材を使用、表面に弾性材料を被覆することが好ましい。上ローラ103及び2本の下ローラ101、102の芯部分には、S45C等の炭素鋼やステンレス等各種の一般的な鋼材を使用し、その表面にはウレタンゴム、ネオプレンゴム、シリコンゴム、ポリブタジエンゴム、ポリスチレンゴム、ポリイソプレンゴム、スチレン-イソプレンゴム、スチレン-ブチレンゴム、エチレ

ンープロピレンゴム、スチレン-ブタジエンゴム、フッ素ゴム等のゴム弾性を有する弾性材料を被覆することが好ましい。

[0113] また、各ローラ表面の表面粗さは、セラミック成形体14の表面に傷を形成しないようにする必要があるが、鏡面仕上げの必要はない。鏡面仕上げすると、セラミック成形体14の表面が各ローラの表面で滑って、増し締めの効果が期待できなくなるからである。

[0114] また、2本の下ローラ101、102及び上ローラ103の表面に被覆した弾性材料の硬度がショア20～80であることが好ましい。弾性材料の硬度がショア20以下では、セラミック成形体14に不要な変形を引き起こす可能性がある。また、弾性材料の硬度がショア80以上では、セラミック成形体14の変形を吸収できず、良好な密着・増し締め作業ができない。

[0115] また、上ローラ103の押圧力が0.03～0.5MPaであることが好ましい。上ローラ103の押圧力が0.03MPa以下では、押圧力が小さく密着・増し締めの効果が得られない。また、0.5MPa以上では、セラミック成形体14が平行な2本の下ローラ101、102に対して平行でない状態や2本以上のセラミック成形体14が混在した場合、押圧した際に前記各ローラ101、102、103の表面が傷つく可能性がある。

[0116] 図21の装置では、次のようにして増し締めを行う。まず、セラミック芯材2にセラミックシート3を巻き付けたセラミック成形体14を搬送装置82へ供給する。図21に示すように、セラミック成形体14は、ベルトコンベア92上を搬送されて傾斜板91まで送られた下ローラ101と下ローラ102の間に落下する。このようにして、セラミック成形体14は、搬送装置82から増し締め装置83に供給される。

[0117] ここで、搬送装置82から増し締め装置83に供給する際は、前のセラミック成形体14が取り出されたことを確認するため、取り出し検知センサ115で確認後次のセラミック成形体を供給する。このことにより2本以上のセラミック成形体14が混入することが防止できる。

[0118] 次に図21に示すように、下ローラ101、下ローラ102の間に落下したセラミック成形体14は、下ローラ101、下ローラ102の外周面に当接する。しかし下ローラ101、102とセラミック成形体14が平行になっているとは限らない。そこで、下ローラ102を一

方方向(図22の矢印C方向)に回動させることにより、下ローラ101、102とセラミック成形体14が平行になる。しかし、ここでの回動速度は低速で行なわなければ、逆効果となり、セラミック成形体14がはじき出されてしまう。

[0119] 次に、上ローラ103のローラ軸109には、付勢装置104の伸縮ロッド105により、ローラ軸107およびローラ軸108の中心点の方向(矢印B方向)に一定の付勢力が付与される。そして、上ローラ下死点検知センサ113で上ローラ103が下死点まで到達しているかを確認する。これによって、セラミック成形体14が斜めになっていないか、または2本以上のセラミック成形体14が混入していないか、が確認できる。これにより3本のローラが傷つくことを防止できる。

[0120] そして、図22に示すように、下ローラ101、下ローラ102、上ローラ103の回動に伴い、セラミック成形体14は下ローラ101、下ローラ102、上ローラ103の外周面から押圧されて当該外周面と摺動しながら矢印D方向に回転する。その結果、セラミックシート3がセラミック芯材2の外周に強固に巻き付けられ、セラミック被覆層10の塗布面全面がセラミック芯材2の外周面に確実に密着されて、セラミックシート3の増し締めが行われる。ここで、下ローラ102の1本のみが回転駆動し、他の下ローラ101及び上ローラ103は連動して回転することが好ましい。これにより、セラミック成形体14を通して3本のローラが同じ速度で回転することができる、安定した密着が可能となる。

[0121] その後セラミック成形体14は最適時間回転した後、下ローラ101、上ローラ103の付勢装置110、104の伸張ロッド111、105の伸張により下ローラ101、102間から取り出しテーブル116に落下する。ここで、落下したことを確認するため、取り出し検知センサ115でセラミック成形体14を検知し2本以上のセラミック成形体14が混入する事を防止できる。また取り出し検知センサ115にて落下を確認後、次のセラミック成形体14の供給を行う。このように、セラミック成形体14の供給側及び取出側にセンサを取り付け、セラミック成形体14の下ローラ101、102間への供給、取出個数を制御することが好ましい。これによりセラミック成形体14が過不足なく下ローラ101、102間に供給、取り出しされるので、密着工程に要する時間を短くして製造タクトを短縮することができる。また2本以上混在した状態を検知でき、ローラが傷つくことも防止

できる。

[0122] このようにして密着したセラミック成形体14を、還元雰囲気中1500～1600°Cの温度で一体焼成して棒状のセラミックヒータを得る。その後、電極パッド7の表面に防錆性を高めるためのメッキ処理(例えば、ニッケルメッキなど)を施してメッキ層(図示略)を形成し、そのメッキ層に電源から引き出されたリード線(図示略)をロウ付けにて接続する。また、焼成方法としては、ホットプレス(HP)焼成や等方静水圧加圧(HIP)焼成、雰囲気加圧焼成、常圧焼成、反応焼成などを用いればよく、その焼成温度は1500～1600°Cの範囲から選択するのが適当である。また、焼成時の雰囲気は、水素などの還元雰囲気以外にも、不活性ガス雰囲気(例えば、アルゴン(Ar)、窒素(N₂)など)としてもよい。

実施例 1

[0123] 図1A及び図1Bに示す構造のセラミックヒータ1を次のようにして作製した。Al₂O₃を主成分とし、SiO₂、CaO、MgO、ZrO₂を合計10重量%以内になるように調整したセラミックシート3を準備した。この表面に、W(タンゲステン)粉末バインダと溶剤からなるペーストを用いて発熱抵抗体4とリード引出部5をプリントした。この時、ペーストのバインダ量と溶剤量を調整して、ペーストの粘度とTI値を調整したものを種々用いた。また、裏面には電極パッド7をプリントした。発熱抵抗体4は、発熱長さ5mmで4往復のパターンとなるように作製した。そして、Wからなるリード引出部5の末端には、スルーホール6を形成し、ここにペーストを注入する事により電極パッド7とリード引出部5間の導通をとった。スルーホール6の位置は、ロウ付けを実施した場合にロウ付け部の内側に入るように形成した。こうして準備したセラミックシート3をセラミック芯材2の周囲に密着し、1600°Cで焼成することにより、セラミックヒータ1とした。

[0124] こうして得られたセラミックヒータ1について、1000°Cまで15秒で昇温させた後、1分間の強制冷却で50°C以下に冷却するサイクルを10000サイクルかけた後の抵抗変化を測定することで、耐久性を評価した。各ロットn=10評価した。また、初期の抵抗値に対して15%以上抵抗値が変化したものは、断線としてカウントした。また、各ロットn=3のサンプルについて、焼成後の発熱抵抗体4の断面をSEM観察し、発熱抵抗体の縁部10の角度φを測定した。

[0125] これらの結果を、表1に示す。

[表1]

No.	粘度 (Pa·s)	TI値	発熱抵抗体 断面端部の 角度 ϕ (°)	耐久性 (断線数)	平均抵抗 変化率(%)
1	5	3	5	0	4.6
2	10	3	20	0	4.6
3	20	3	30	0	4.6
4	50	3	35	0	4.4
5	100	2	40	0	4.8
6	100	3	45	0	5
7	100	4	50	0	5
8	150	4	60	0	6.9
9	200	4	60	0	6.9
*10	250	5	75	1	8.5
*11	300	4	80	1	12.1

[0126] 表1から判るように、角度 ϕ が60° を越えるNo. 10と11において、15%以上抵抗値が変化する断線が発生した。これに対し、角度 ϕ が60° 以下であるNo. 1～9は、断線が発生せず、良好な耐久性を示した。また、発熱抵抗体の縁部10の角度 ϕ を60° 以下とするためには、ペーストの粘度を200Pa·s以下とすることが好ましく、TI値を4以下とすることがより好ましいことがわかった。

実施例 2

[0127] 実施例1で作製したサンプルについて、発熱抵抗体4の組織中の金属比率と急速昇温試験による抵抗変化率を比較した。発熱抵抗体ペースト中に比率を変えたアルミナを分散させたものを準備し、発熱抵抗体中の金属成分比率を変えたセラミックヒータ1を各30本ずつ作製した。各ロットの金属成分比率は、各ロット3本づつ発熱抵抗体4の断面を観察し、その中の金属成分比率を画像解析装置を用いて測定した。

[0128] このようにして、ランク分けしたセラミックヒータ1を各ロット10本づつ、1100°C連続500時間の耐久試験、および1100°Cまで15秒で昇温させ1分間で50°Cまで冷却する熱サイクル試験1000サイクルに掛けて、試験前後の抵抗変化率の平均値を確認

した。結果を表2に示す。

[表2]

No.	発熱抵抗体中の 金属比率(%)	連続通電耐久における 抵抗変化率(%)	サイクル試験における 抵抗変化率(%)
1	25	18	25
2	30	9	9
3	40	8	8
4	55	6	7
5	70	7	7
6	85	6	9
7	95	6	9
8	98	5	11

[0129] 表2から判るように、発熱抵抗体4中の金属成分の比率が30%未満であるNo. 1は、1100°C連続通電および熱サイクル試験において、抵抗変化率が10%を越えてしまった。また、前記金属成分の比率が95%を越えるNo. 8は、サイクル試験における抵抗変化率が10%を越えてしまった。これに対し、前記金属比率が30～95%であるNo. 2～7は、良好な耐久性を示した。また、金属成分の比率が40～70%であるNo. 3～5は、連続通電試験および熱サイクル試験ともに良好な傾向を示した。

実施例 3

[0130] 図7A、図7B及び図8に示す構造のセラミックヒータを次のようにして作製した。Al₂O₃を主成分とし、SiO₂、CaO、MgO、ZrO₂を合計10重量%以内になるように調整したセラミックシートを準備した。所定の寸法になるように切断およびスナップ加工した後、1600°Cの酸化雰囲気中でセラミック基体32aを焼成した。この表面に、Wとガラスを混合したペーストからなる発熱抵抗体34とリード引出部35をプリントし、1200°Cの還元雰囲気中で焼き付けた。

[0131] その後、発熱抵抗体34をレーザートリミングにより抵抗が中心値10Ωに対し0.1Ω以内に入るように加工した。そして、スナップラインに沿ってセラミック基体32を各々

分割した。

[0132] その後さらに、発熱抵抗体34およびリード引出部35の上に封止材33となるガラスペーストを塗布し、1200°Cの還元雰囲気中で再度熱処理し、封止材33中のボイド11を除去した後、別のセラミック基体32bを重ねて1200°Cで熱処理し、セラミック基体32同士を封止材33により一体化して、幅10mm、厚み1.6mm、長さ100mmのセラミックヒータ30を得た。

[0133] 比較例として、図1A及び図1Bに示す構造のセラミックヒータを次のようにして作製した。 Al_2O_3 を主成分とし、 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 ZrO_2 を合計10重量%以内になるように調整したセラミックグリーンシートを準備し、この表面に、W-Reからなる発熱抵抗体4とWからなるリード引出部5をプリントした。

また、裏面には電極パッド7をプリントした。発熱抵抗体4は、抵抗値10Ωとなるように発熱長さ5mmで4往復のパターンとなるように作製した。

[0134] そして、Wからなるリード引出部5の末端には、スルーホール6を形成し、ここにペーストを注入する事により電極パッド7とリード引出部5間の導通をとった。スルーホール6の位置は、ロウ付けを実施した場合にロウ付け部の内側に入るように形成した。こうして準備したセラミックグリーンシート3をセラミックロッド2の周囲に密着し、1500～1600°Cで焼成することにより、セラミックヒータ1とした。

[0135] このようにして作製したセラミックヒータ30、1の抵抗値を各100個測定し、ばらつきを比較した。また、800°C×1000時間の連続通電耐久試験を実施した。結果を表3に示す。

[表3]

	抵抗ばらつき (%)	σ	耐久抵抗 変化率 (%)
本発明	±1	0.077	1.2
比較例	±3.5	0.29	1.1

[0136] 表3から判るように、本実施例のセラミックヒータは、抵抗値ばらつきが±1%以内、 σ が0. 077Ωとなったのに対し、比較例のセラミックヒータは、抵抗値ばらつきが±3. 5%、 σ が0. 58Ωとなり、本実施例のセラミックヒータ1は、抵抗値ばらつきを小さくすることができることが判った。また、800°C連続通電耐久試験は、抵抗変化が1%以下で、両者とも良好な耐久性を示した。

実施例 4

[0137] 実施例4では、封止材33のボイド率と耐久性の関係を調べた。

図7A、図7B及び図8に示すセラミックヒータを次のようにして作製した。 Al_2O_3 を主成分とし、 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 ZrO_2 を合計10重量%以内になるように調整したセラミックシートを準備した。所定の寸法になるように切断およびスナップ加工した後、1600°Cの酸化雰囲気中でセラミック基体32を焼成した。この表面に、Wとガラスを混合したペーストからなる発熱抵抗体34とリード引出部35をプリントし、1200°Cの還元雰囲気中で焼き付けた。そして、スナップラインに沿ってセラミック基体32を各々分割した。

[0138] その後さらに、発熱抵抗体34およびリード引出部35の上に封止材33となるガラスペーストを塗布し、1200°Cの還元雰囲気中で再度熱処理し、封止材33中のボイド11を除去した後、別のセラミック基体2を重ねて1200°Cで熱処理し、セラミック基体32同士を封止材33により一体化して、幅10mm、厚み1. 6mm、長さ100mmのセラミックヒータ30を得た。

[0139] この時、封止材33とこれに重ねるセラミック基体32の平坦度を調整し、また、接合前に調整する封止材33のボイド抜きのための熱処理条件を調整し、各ロット15本のサンプルを作製し、各ロット3本について、封止材33のボイド率を測定した。各ロット10本を700°Cまで加熱し、700°Cから40°C以下への冷却速度を60秒以下とする冷却試験を100サイクル実施し、封止材33へのクラックの発生の有無を調べた。これらの結果を、表4に示す。

[表4]

No.	ボイド率 (%)	クラック 発生数
1	3	0
2	12	0
3	19	0
4	25	0
5	30	0
6	40	1
7	48	6

[0140] 表4から判るように、ボイド率が40%以下であるNo. 1～6は、クラックの発生数が1個以下で良好な耐久性を示した。さらに、ボイド率が30%以下のNo. 1～5は、クラックの発生はゼロであった。

実施例 5

[0141] 図7A、図7B及び図8に示すセラミックヒータを次のようにして作製した。 Al_2O_3 を主成分とし、 SiO_2 、 CaO 、 MgO 、 ZrO_2 を合計10重量%以内になるように調整したセラミックシートを準備し、所定の寸法になるように切断およびスナップ加工した後、1600°Cの酸化雰囲気中でセラミック基体32を焼成した。この表面に、Wとガラスを混合したペーストからなる発熱抵抗体34とリード引出部35をプリントし、1200°Cの還元雰囲気中で焼き付けた。そして、スナップラインに沿ってセラミック基体32を各々分割した。

[0142] その後さらに、発熱抵抗体34およびリード引出部35の上に封止材33となるガラスペーストを塗布し、1200°Cの還元雰囲気中で再度熱処理し、封止材33中のボイド11を除去した後、別のセラミック基体32を重ねて1200°Cで熱処理し、セラミック基体32同士を封止材33により一体化して、幅10mm、厚み1.6mm、長さ100mmのセラミックヒータ30を得た。

[0143] この時、封止材33に用いるガラスの熱膨張率を、40～500°Cのアルミナの熱膨張率 $7.3 \times 10^{-7} / \text{°C}$ に対する差が $0.05 \sim 1.2 \times 10^{-5} / \text{°C}$ となるように変化させた。各ロット20本のサンプルを準備した。

[0144] このようにして得たセラミックヒータ30を、700°Cまで45秒で昇温させ、2分間の空冷により40°C以下に冷却するサイクルを3000サイクル施し、封止材33へのクラック

の発生の有無を調べた。結果を、表5に示す。

[表5]

No.	セラミック基材と ガラスの熱膨張率 差 $\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	耐久試験後 クラックの 発生数
1 *	1. 2	20
2	1. 0	6
3	0. 5	3
4	0. 2	1
5	0. 1	0
6	0. 05	0

* は、本発明の請求範囲外である。

[0145] 表5から判るように、封止材33に使用するガラスの熱膨張率とアルミナからなるセラミック基体32の熱膨張率の差が $1. 2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ であったNo. 1には、100サイクル程度で全数封止材33にクラックが発生した。これに対し前記熱膨張率の差を $1. 0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ としたNo. 2～6はクラックの発生数が6個以下で、良好な耐久性を示した。前記熱膨張率の差を $0. 1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下としたNo. 5, 6は、クラックが全く発生しなかった。前記熱膨張率の差を $0. 2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ としたNo. 4は1個クラックが発生し、前記熱膨張率の差を $0. 5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ としたNo. 3は、クラックが3個発生した。

実施例 6

[0146] 実施例3において、封止材33の厚みを調整して、冷却の熱衝撃に対する影響を調査した。ボイド率については、20～22%に調整した。封止材33の平均厚みを、ガラスのプリント回数の調整により3～1200 μm となるように調整した。各サンプルを15個ずつ作製した。封止材33の厚みが300 μm 以上のものについては、セラミック基体32の表面に厚み調整用の突起を各3点準備し、それぞれ封止材33の厚みが所望の厚みとなるように調整した。これら結果を、表6に示す。

[表6]

No.	封止部の厚み (μm)	クラックの 発生数
1	3	—
2	5	0
3	20	0
4	120	0
5	300	0
6	500	0
7	1000	1
8	1200	10

[0147] 表6から判るように、封止材33の厚みを $1200\mu\text{m}$ としたNo. 8には、全数クラックが発生した。また、封止材33の厚みを $3\mu\text{m}$ としたNo. 1は、ボイドが40%を越えてしまったので、評価しなかった。これに対し、封止材33の厚みを5~1000としたNo. 2~7は、クラックの発生数が1本以下で良好な特性を示した。さらに、封止材33の厚みを5~500 μm にしたNo. 2~6は、全くクラックが発生しなかった。

実施例 7

[0148] 図12に示す構造のセラミックシートを作製した。ここでは、発熱抵抗体53のパターン間距離 W_1 の電界強度を160から 100V/mm の間で変更した。更に発熱抵抗体53の電位差の高い側のパターン間距離 W_1 を広く、電位差の低い側のパターン間距離 W_2 を狭くし、電位差の高い側のパターン間距離 W_1 の電界強度を120から 60V/mm の間で変更して、通電耐久試験における抵抗変化を評価した。

[0149] 通電耐久試験については、セラミックヒータに通電し、 1400°C 昇温保持1分後、通電を止めて外部冷却ファンにより1分強制冷却するサイクルを1サイクルとして、10000サイクルの耐久試験を実施した。なお、 1400°C に保持するための印加電圧は $140\sim160\text{V}$ でパターン間距離 W_1 の電界強度を160から 60V/mm になるようにセラミックヒータ1の抵抗値を調整している。

[0150] このセラミックヒータの製法について、図12を用いて説明する。

まず、窒化珪素(Si_3N_4)粉末にイッテリビウム(Yb)、イットリウム(Y)、エルビウム(E

r)等の希土類元素の酸化物からなる焼結助剤と発熱抵抗体3に熱膨張率を近づけるようなMoSi₂やWC等のセラミックス導電材料を添加したセラミック原料粉末を周知のプレス成型法等でセラミック成形体52aを得た。

[0151] 図12に示すように、セラミック成形体2aの上にWCとBNを主成分とするペーストを用いて発熱抵抗体53とリード部54及び電極引出部55をプリント法によりセラミック成形体52aの表面に形成した。その後、これらの蓋となるセラミック成形体52bを重ねて密着させ、セラミック成形体52a、52bのグループ数十本と炭素板を交互に段重ねし、円筒の炭素型に入れた後、還元雰囲気下、1650～1780℃の温度、30～50MPaの圧力でホットプレスにより焼成した。

このようにして得られた焼結体の表面に露出した電極引き出し部55に電極金具56をロウ付けしてセラミックヒータを得た。

[0152] セラミック部分の厚みを2mm、幅を5mm、全長を50mmとしたセラミックヒータを作製し、120Vを通電したときにおける発熱抵抗体53のパターン間距離W₁、W₂別の電界強度と抵抗変化率を評価した。各水準について10本評価して、その平均値をデータとした。結果を表7に示す。

[表7]

No.	発熱抵抗体間の電界強度 (V/mm)	パターン間距離		抵抗変化率 (%)
		W1(mm)	W2(mm)	
1 *	160	0.30	0.30	—(絶縁破壊)
2 *	140	0.35	0.35	—(絶縁破壊)
3	120	0.40	0.40	6.5
4	100	0.50	0.50	5.5
5	120	0.60	0.30	6.2
6	100	0.75	0.30	5.0
7	80	0.90	0.30	3.1
8	60	1.25	0.30	2.2

* は、本発明の請求範囲外である。

[0153] 表7に示す通り、発熱抵抗体53の電界強度が120V/mmより大きいNo. 1～2は、1000～5000サイクルで絶縁破壊を起こした。これに対して発熱抵抗体53の電界強度が120V/mm以下のNo. 3～8は、安定した耐久性を得ることができた。また、発熱抵抗体53の電位差の高い側のパターン間距離W₁を広く、電位差の低い側のパターン間距離W₂を狭くし、電位差の高い側をパターン間距離W₁の電界強度を80V/mm以下にしたNo. 7～8は、特に安定した耐久性を得ることができた。

実施例 8

[0154] 図12に示す構造のセラミックヒータを次のようにして作製した。ここでは、リード部54のパターン間距離Xを4水準に変更し、それぞれの水準について発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを0.5～3mmの間で変更した。各々の場合の通電耐久試験における抵抗変化率を評価した。通電耐久試験については、セラミックヒータに通電し、1300°C昇温保持1分後、通電を止めて外部冷却ファンにより1分強制冷却するサイクルを1サイクルとして、30000サイクルの耐久試験を実施した。なお、1300°Cに保持するための印加電圧は190V～210Vになるようにセラミックヒータの抵抗値を調整している。

[0155] まず、セラミックヒータの製法について、図11を用いて説明する。まず、窒化珪素(Si_3N_4)粉末に、イッテリビウム(Yb)やイットリウム(Y)等の希土類元素の酸化物からなる焼結助剤と、発熱抵抗体3に熱膨張率を近づけるような MoSi_2 やWC等のセラミックス導電材料とを添加してセラミック原料粉末とする。このセラミック原料粉末を周知のプレス成型法等でセラミック生成形体52aを得た。図12に示すように、セラミック生成形体52aの上にWCとBNを主成分とするペーストを用いて、発熱抵抗体53、リード部54及び電極引出部55をプリント法により形成した。その後、これらの蓋となるセラミック生成形体52bを重ねて密着させた。密着させたセラミック生成形体52a、52bのグループ数十本と炭素板を交互に段重ねした。これを円筒の炭素型に入れた後、還元雰囲気下、1650°C～1780°Cの温度、30～50MPaの圧力でホットプレスにより焼成した。このようにして得られた焼結体の表面に露出した取出電極55に電極金具56をロウ付けしてセラミックヒータを得た。

[0156] セラミック部分の厚みを2mm、幅を6mm、全長を50mmとしたセラミックヒータを作製し、それぞれの通電耐久試験における抵抗変化率を評価した。抵抗変化率は、途中の10000サイクル及び30000サイクルにおいて測定している。測定数は各水準について10本評価して、その平均値をデータとした。結果を表8に示す。

[表8]

No.	リード部パターン間距離 X (mm)	発熱抵抗体とリード部の間隔 Y (mm)	XとYの関係 $Y \geq 3X^{-1}$ 範囲内…○ 範囲外…×	10000サイクル時 抵抗変化率(%)	30000サイクル時 抵抗変化率(%)
* 1	4	0.5	x	絶縁破壊	—
2		1	○	3.2	6.0
* 3	3	0.5	x	絶縁破壊	—
4		1	○	3.9	5.7
* 5	2	0.5	x	絶縁破壊	—
6		1	x	4.5	絶縁破壊
7		1.5	○	4.6	6.3
8		2	○	3.5	5.6
* 9	1.5	0.5	x	絶縁破壊	—
10		1	x	4.9	絶縁破壊
11		1.5	x	4.5	絶縁破壊
12		2	○	4.8	6.2
13		3	○	3.6	5.3

*は本請求範囲外である。

[0157] 表8に示す通り、リード部54のパターン間距離Xを1.5～4mmとした全てにおいて、発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yを1mm以上とした、No. 2、4、6、7、8、10、11、12、13は、10000サイクルで絶縁破壊しない安定した耐久性を得ることができた。また、リード部のパターン間距離をX、発熱抵抗体とリード部の間隔をYとしたときに、 $Y \geq 3X^{-1}$ を充足しているNo. 2、4、7、8、12、13は、30000サイクルでも絶縁破壊しない良好な耐久性を得られることがわかった。

実施例 9

[0158] 実施例3において、図16に示すように、発熱抵抗体53の折り返し部のリード部54側の一部に、発熱抵抗体53の他の部分に比べて断面積を大きくした第2発熱部58を形成した。この第2発熱部58の発熱抵抗体53に対する断面積比率を変更して、発熱抵抗体53端部とリード部54の端部との温度差、及び通電耐久試験における抵抗変化率を評価した。第2発熱部58の断面積は発熱抵抗体53のパターン幅を変更することにより調整した。通電耐久試験については、セラミックヒータに通電し、1300°C昇温保持1分後、通電を止めて外部冷却ファンにより1分強制冷却するサイクルを1サイクルとして、50000サイクルの耐久試験を実施した。なお、1300°Cに保持するための印加電圧は190V～210Vになるようにセラミックヒータの抵抗値を調整している。測定数は各水準について10本評価して、その平均値をデータとした。また、リード部4のパターン間距離Xは2mm、発熱抵抗体53とリード部54の間隔Yは1.5mmで固定した。

[表9]

No.	断面積倍率	発熱抵抗体端部とリード部の端部との温度差(°C)	抵抗変化率(%)
1	1. 0	83	絶縁破壊
2	1. 2	87	絶縁破壊
3	1. 5	104	8. 9
4	2. 0	115	7. 9
5	2. 5	121	8. 2

[0159] 表9から判るように、断面積比率を1. 2としたNo. 2は発熱抵抗体53の端部とリード部54の端部との温度差が87°Cであり、第2発熱部58を設けていないNo. 1とほぼ同じ温度であった。また、No.2の試料は、40000サイクル前後までは良好な耐久性を得たが、絶縁破壊により断線に至った。これに対して、断面積比率を1. 5～2. 5としたNo. 3～No. 5は、発熱抵抗体53の端部とリード部54の端部との温度差が100°C以上であり、絶縁破壊もせずに安定した耐久性を得ることができた。

実施例 10

[0160] 本実施例では、セラミック体に添加する炭素量を0～2重量%間で変量させることにより、セラミック体中に残留する炭素量を0. 4～2. 5重量%の間で変量させた。そして、各々の場合の通電耐久試験における抵抗変化を評価した。通電耐久試験については、セラミックヒータに通電し、1300°C昇温保持3分後、通電を止めて外部冷却ファンにより1分強制冷却するサイクルを1サイクルとして、30000サイクルの耐久試験を実施した。

[0161] 本実施例では、図17に示す構造のセラミックヒータを次のようにして作製した。まず、窒化珪素(Si_3N_4)粉末に、イッテリビウム(Yb)やイットリウム(Y)等の希土類元素の酸化物からなる焼結助剤と、炭素粉末とを点火したセラミック原料粉末を準備した。炭素粉末の量は5通りに変化させた。このセラミック原料粉末を周知のプレス成型法等でセラミック生成形体62aを得た。図17に示すように、セラミック生成形体62aの上に、WCとBNを主成分とするペーストをプリントすることにより、発熱抵抗体63と取出電極65を形成した。その後、リードピン64を発熱抵抗体3と取出電極5が導通するように設置した。同様にして、セラミック生成形体62bも準備した。2層のセラミック生成形体62a及び62bと、これらの蓋となるセラミック生成形体62cを重ねて密着させた。

そして、密着させたセラミック生成形体62a、62b、62cのグループ数十本と炭素板を交互に段重ねした。これを円筒の炭素型に入れた後、還元雰囲気下、1650°C～1780°Cの温度、45MPaの圧力でホットプレスにより焼成した。このようにして得られた焼結体を円柱状に加工し、表面に露出した取出電極65に電極金具66を取り付けた。また、取付用の保持金具67をセラミックヒータの本体にロウ付けした。作製したテスト品のセラミック部分の外径は4.2mm、全長は40mmであった。それぞれの通電耐久性を評価した。測定数は各水準について10本評価して、その平均値をデータとした。なお、セラミック体62中の炭素量は、セラミック体62を粉碎し得られた粉末を燃焼させ、生成するCO₂量から測定した。結果を表10に示す。

[0162] [表10]

No.	カーボン 添加量 (重量%)	焼成後 炭素量 (重量%)	炭化層厚み (μm)	抵抗変化率 (%)
1*	0	0.4	14	12.0
2	0.2	0.6	32	4.9
3	0.5	0.9	40	3.8
4	1.0	1.4	55	4.6
5	1.5	1.9	70	5.5
6*	2	2.5	105	23.0

*は、本発明の請求範囲外であることを示す。

[0163] 表10に示す通り、炭素の添加量を0%としたNo. 1は、セラミック体2中に残留する炭素量が0.4重量%となった。No. 1は、リードピン64の炭化層は14 μmと薄いが、通電耐久後の抵抗変化率が10%を超えてしまった。抵抗変化の原因是、マイグレーションであり、抵抗変化した部位は発熱部である。また、炭素の添加量を2%としたNo. 6は、リードピン64の炭化層が厚いため、通電耐久後は抵抗変化率が大きく、リードピン64で断線する物もあった。これに対し、セラミック体62に残留する炭素量が0.5～2.0重量%であるNo. 2～5は、炭化層が比較的薄く、安定した耐久性を得ることができた。

実施例 11

[0164] 本実施例では、実施例10において、リードピン64の線径を0.3mm、0.35mm、0

.4mm、0.5mm、0.6mmに変更することにより、リードピン64の反応層68の厚みを40～93 μ mに変化させた。各々の場合の通電耐久試験における抵抗変化を評価した。尚、炭化層厚みについては、焼成後、セラミックヒータをリードピン64を含む位置で切断し、リードピン64の断面をSEMで観察して測定した。炭化層厚みについては各水準について20本を測定し、通電耐久性については各水準について10本を測定し、それらの平均値をデータとした。また、通電耐久試験では、セラミックヒータの高温使用における耐久性を確認するために、次のような評価を行った。実施例10の加熱温度を1500°Cに変更して3分間加熱し、1分間保持後、ファンにより強制空冷するサイクルを10000サイクルかけ、その前後での特性の変化を測定した。結果を表11に示す。

[0165] [表11]

No.	リードピン線径 (mm)	反応層厚み (μ m)	抵抗変化率 (%)
1	0.3	40	2.1
2	↑	70	2.3
3	↑	78	3.9
4	↑	93	6.4
5	0.35	65	2.2
6	0.4	68	2.8
7	0.5	61	2.9
8	↑	85	5.8
9	0.6	65	7.9

[0166] 表11から判るように、リードピン64の線径が0.3mmで炭化層68の厚みが93 μ mであるNo.4は、耐久試験後の抵抗変化率が5%を越えてしまった。また、リードピン64の線径が0.5mmで炭化層8の厚みが85 μ mのNo.9、リードピン64の線径が0.6mmで炭化層8の厚みが65 μ mのNo.10も、耐久試験後の抵抗変化率が5%を越えてしまった。これに対して、リードピン64の線径が0.5 μ m以下で炭化層68の厚みが80 μ m以下であるNo.1～4、No.6～8は、耐久試験後の抵抗変化率が5%未満と良好な値を示した。

実施例 12

[0167] 実施例10において、リードピンの結晶粒径を種々変化させて、通電耐久試験にお

ける抵抗変化を測定した。リードピンの結晶粒径は、焼成温度とセラミック体62に残るNa量の調整により変化させた。通電耐久試験については、セラミックヒータに通電し、1300°C昇温保持3分後、通電を止めて外部冷却ファンにより1分強制冷却するサイクルを1サイクルとして、30000サイクルの耐久試験を実施した。また、リードピン64の結晶粒径を測定するために、リードピン64を含むセラミック体62の断面をエッティング液につけて金属顕微鏡にて観察した。結果を表12に示す。

[0168] [表12]

No.	焼成温度 (°C)	焼成後 Na量 (ppm)	結晶粒径 (μm)	抵抗変化率 (%)
1 *	1640	10	0.8	17.8
2	1710	80	3.8	4.9
3	1710	200	9.2	4.8
4	1750	480	19.8	6.2
5	1750	900	27.0	8.6
6 *	1770	1200	34.5	23.9

* は、本発明の請求範囲外であることを示す。

[0169] 表12から判るように、リードピンの結晶粒径を0.8 μmとしたNo. 1は、抵抗変化率が10%を超えてしまった。抵抗変化部位は発熱部である。また、リードピン64の結晶粒径を34.5 μmとしたNo. 6も抵抗変化率が10%超てしまい好ましくなかった。抵抗変化部位はリードピンである。これに対して結晶粒径が1~30 μmであるNo. 2~5は耐久試験後の抵抗変化率が10%未満と良好な値を示した。

実施例 13

[0170] 本実施例では、図20A、図21の増し締め装置を用いた円柱状のセラミックヒータを作製した。

まず図20Aに示す増し締め装置を用いて、セラミック芯材2にセラミックシート3を周囲密着したセラミック成形体14を、図20Aに示した装置中で増し締めした。その結果、2本の下ローラ101, 102間にセラミック成形体14を供給した際に2本のローラに対して平行でない状態でセラミック成形体14が載ることがあり、これをそのままローリングすると上下のローラの表面に傷がつきセラミック成形体14に転写され不良となつた

。

[0171] 次に、図21に示す増し締め装置を用い、セラミック芯材2にセラミックシート3を周回密着したセラミック成形体14の増し締めを行った。セラミック成形体14を2本の回転する下ローラ間に供給して該下ローラ間に平行とした後、上ローラ103でセラミック成形体14を押圧回転してセラミック芯材2と前記セラミックシート3を密着した。これによりセラミック成形体14が下ローラ101、102に対して斜めに乗ったまま増し締めを行うことを防止できた。図20Aの装置では、1本/1,000本発生していたキズ不良が、図21の装置では、1本/300,000本に減少した。

[0172] 次に、図21に示す装置に、上ローラが所定の位置まで到達したことを検知するための下死点センサ113を取り付けた。これにより、セラミック成形体14が2本の下ローラに対して平行でない状態や、2本以上のセラミック成形体14がある場合を検知できるようになった。これによって、ローラの表面が傷つく不良発生を0本/1,000,000本に減少できた。

[0173] さらに、セラミック成形体14の供給部、及び取出部にセンサを取り付け、セラミック成形体14の下ローラ間への供給、取出個数を制御した。これによりセラミック成形体14が過不足なくローラ間に供給、取り出しされるようになった。従って、密着作業に要する時間を短くして製造タクトを短縮することができた。また2本以上混在した状態を検知でき、ローラが傷つくことも防止できた。

[0174] 次に、上ローラ103、下ローラ101、及び下ローラ102の全てに回転駆動装置を取り付け、全てのローラを強制的に回転させながら増し締め試験を行った。その結果、回転駆動を2本以上のローラで行うと回転速度のズレや、回転開始、停止タイミングのズレが生じ、不良が発生した。これに対して、下ローラ102の1本のみが回転駆動するようにし、他の下ローラ101及び上ローラ103は連動して回転するようにしたところ、安定した密着が可能となった。これは、セラミック成形体14を通して3本のローラが同じ速度で回転することができるため、と考えられる。

[0175] 次に、図21の装置の各ローラの外径を変えて増し締めを行った結果を表13に示す。

[表13]

試料No	下ローラの外径(mm)	上ローラの外径(mm)	セラミック成形体の外径に対する下ローラの倍率	セラミック成形体の外径に対する上ローラの倍率	密着強度(N)
1	3	3	0.3	0.3	15.3
2	3	5	0.3	0.5	17.2
3	5	3	0.5	0.3	18.2
4	5	5	0.5	0.5	30.1
5	10	10	1	1	31.8
6	20	20	2	2	32.2
7	30	30	3	2	31.3
8	40	40	4	2	31.5
9	50	50	5	2	33.8
10	60	60	6	2	34.7
11	64	64	6.4	2	35.2
12	70	70	7	3	5.6
13	80	80	8	3	3.3

[0176] 表13に示す通り、セラミック成形体14の外径に対する上ローラ又は下ローラの外径の比が0.5倍未満の試料(No. 1～3)では、セラミック成形体14に対する締め付け応力が小さくなつて密着強度が低下している。下ローラの外径がセラミック成形体14の外径に対して6.4倍を越える試料(No. 12, 13)の場合、締め付け応力が小さくなる。また、上ローラ103の外径がセラミック成形体の外径の2倍を越えると締め付け応力が小さくなる。これに対し、セラミック成形体14の直径に対して下ローラの外径が0.5～6.4倍、上ローラ103の外径が0.5～2倍である試料(No. 4～11)は、高い密着強度が得られる。このことより前記セラミック成形体9の直径に対して下ローラの外径は0.5～6.4倍、上ローラの外径は0.5～2倍であることが好ましいことがわかる。

[0177] 次に、2本の下ローラ101、102間の間隔を変えて試験を実施した。結果を表14に示す。

[表14]

試料No	下ローラ101, 102間の間隔 a (mm)	ローラの外径b(mm)	ローラの外径に対する下ローラ101, 102間の間隔の倍率	密着強度(N)
1	0	10	0	8.2
2	1	10	0.1	31.2
3	2	10	0.2	32.3
4	3	10	0.3	31.6
5	4	10	0.4	32.3
6	5	10	0.5	31.1
7	6	10	0.6	22.4
8	7	10	0.7	21.1

[0178] 表14に示す通り、下ローラ101、102間の間隔aが、セラミック成形体14の直径bに対して、 $a=0$ の試料(No. 1)では下ローラ101、102同士が接触し回転できない。また $a > 1/2b$ の試料(No. 7、8)ではセラミック成形体14に対する締め付け応力が小さくなる。下ローラの間の間隔が $0 < a \leq 1/2b$ である試料(No. 2～6)では、安定した密着強度が得られる。このことより、セラミック成形体14の直径bに対して、2本の下ローラ間の間隔aが $0 < a \leq 1/2b$ であることが好ましいことがわかる。

[0179] 次に、2本の下ローラ101、102及び上ローラ103の材料及び硬度を変えて試験を実施した。結果を表15に示す。

[表15]

試料NO	下ローラ101, 102上ローラ103の 材質	弾性材料硬度(ショワ)	密着強度(N)
1	鋼材	—	12.3
2	弾性材料	10	20.9
3	弾性材料	20	33.2
4	弾性材料	30	32.8
5	弾性材料	40	31.5
6	弾性材料	50	31.1
7	弾性材料	60	32.5
8	弾性材料	70	31.5
9	弾性材料	80	31.7
10	弾性材料	90	25.3

[0180] 表15に示す通り、ローラの材料に鋼材を使用した試料(No. 1)ではセラミック成形体14の変形を吸収できず締め付け応力が小さくなる。また弾性材料を使用しても、硬度がショア20未満の試料(NO. 2)では、締め付け応力が小さい。また、硬度がショア80を越える試料(No. 10)でも、締め付け応力が小さくなる。2本の下ローラ101, 102及び上ローラ103の表面に弾性材料を被覆し、硬度をショア20～80にした試料(NO. 3～9)では、安定した密着強度が得られた。このことより、2本の下ローラ及び上ローラの表面に弾性材料を被覆し、硬度をショア20～80とすることが好ましいことがわかる。

[0181] 次に、上ローラ103の押圧力を変えて試験を実施した。結果を表16に示す。

[表16]

試料NO	上ローラ押圧力(MPa)	密着強度(N)
1	0.01	22.1
2	0.03	32.1
3	0.05	31.2
4	0.1	31.1
5	0.2	32.7
6	0.3	32.3
7	0.4	32.5
8	0.5	32.5
9	0.6	31.2

[0182] 表16に示す通り、上ローラ103の押圧力が0.03MPa未満の試料(NO. 1)では、締め付け応力が小さく密着・増し締めの効果が得られない。また、0.5MPaを越える試料(NO. 9)は、密着強度はよいが、押圧した際に上下のローラ101、102、103の表面が傷つき不良となる。上ローラ103の押圧力が0.03～0.5MPaの試料(NO. 2～8)では、安定した密着強度が得られる。このことより上ローラ103の押圧力は0.03～0.5MPaが好ましいことがわかる。

請求の範囲

- [1] セラミック体中に発熱抵抗体を埋設してなるセラミックヒータにおいて、前記発熱抵抗体の少なくとも1ヶ所において、前記発熱抵抗体の延在方向に垂直な断面から見て、前記発熱抵抗体の縁部の有する角度が60° 以下であることを特徴とするセラミックヒータ。
- [2] 前記発熱抵抗体の縁部の角度が60° 以下となる箇所が、前記発熱抵抗体を平面視したときに前記発熱抵抗体の屈曲部にあることを特徴とする請求項1記載のセラミックヒータ。
- [3] 前記発熱抵抗体の縁部が、R0. 1mm以下の曲面であることを特徴とする請求項1に記載のセラミックヒータ。
- [4] 前記発熱抵抗体の幅方向中央部の平均厚みが、100 μ m以下であることを特徴とする請求項1に記載のセラミックヒータ。
- [5] 前記発熱抵抗体の縁部からセラミックヒータ表面までの距離が、50 μ m以上であることを特徴とする請求項1に記載のセラミックヒータ。
- [6] 前記発熱抵抗体の断面における金属成分の面積比率が30ー95%であることを特徴とする請求項1に記載のセラミックヒータ。
- [7] 発熱抵抗体をセラミック体内に内蔵してなるセラミックヒータにおいて、前記セラミック体が、少なくとも2種類の無機材料の積層構造からなることを特徴とするセラミックヒータ。
- [8] 前記発熱抵抗体に接している無機材料のうち少なくともひとつが、ガラスを主成分とすることを特徴とする請求項7記載のセラミックヒータ。
- [9] 前記ガラスを主成分とする無機材料のボイド率を40%以下としたことを特徴とする請求項8に記載のセラミックヒータ。
- [10] 前記無機材料のそれぞれの熱膨張係数の差を 1×10^{-5} / °C以下としたことを特徴とする請求項7に記載のセラミックヒータ。
- [11] 前記セラミック基体が少なくとも3層以上の積層構造からなることを特徴とする請求項7に記載のセラミックヒータ。
- [12] セラミック体中に発熱抵抗体を埋設したセラミックヒータにおいて、

前記発熱抵抗体は、往復を繰り返したパターンに形成されており、

前記発熱抵抗体に120Vの電圧を印加したときの該発熱抵抗体のパターン間に発生する電界強度を120V/mm以下となるようにしたことを特徴とするセラミックヒータ。

[13] 前記往復を繰り返している発熱抵抗体によって挟まれたパターン間領域において、発熱抵抗体間の電位差が大きな側における発熱抵抗体の間隔を、発熱抵抗体間の電位差が小さな側における発熱抵抗体の間隔よりも広くしたことを特徴とする請求項12記載のセラミックヒータ。

[14] 前記発熱抵抗体の間隔を、前記発熱抵抗体の延在方向に沿って連続的に変化させたことを特徴とする請求項12に記載のセラミックヒータ。

[15] セラミックス中に導電性セラミックスからなる発熱抵抗体及び該発熱抵抗体に電力を供給するためのリード部が埋設されており、100V以上の高電圧を印加されるセラミックヒータにおいて、

前記発熱抵抗体は、往復を繰り返したパターンに形成されており、

前記発熱抵抗体のリード部側の折り返し部と前記リード部との間隔を1mm以上としたことを特徴とする記載のセラミックヒータ。

[16] 前記セラミックヒータの幅が6mm以下であり、前記リード部同士の間隔が1mm～4mmであるセラミックヒータにおいて、

前記リード部同士の間隔をXと、前記発熱抵抗体とリード部の間隔をYとが、下記の関係を充足する請求項15に記載のセラミックヒータ。

$$Y \geq 3X^{-1}$$

[17] 前記発熱抵抗体の折り返し部の一部に、発熱抵抗体の他の部分に比べて断面積を大きくした第2発熱部を設けたことを特徴とする請求項15記載のセラミックヒータ。

[18] セラミック体の内部に、発熱抵抗体と、該発熱抵抗体に接続されるリードピンとを埋設したセラミックヒータにおいて、

前記セラミック体の炭素量を0.5～2.0重量%としたことを特徴とするセラミックヒータ。

[19] 前記リードピンの線径が0.5mm以下であり、かつ、リードピンの表面に平均厚み8

0 μ m以下の炭化層を有したことを特徴とする請求項18記載のセラミックヒータ。

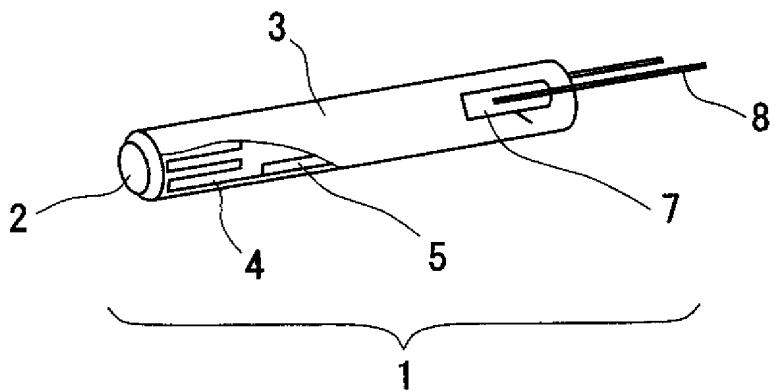
[20] 前記リードピンの結晶粒径が30 μ m以下であることを特徴とする請求項18記載のセラミックヒータ。

[21] セラミック軸にセラミックシートを巻き付けたセラミック成形体を押圧回転して、前記セラミックシートと前記セラミック軸を密着させる製造方法であって、
2本の回転する下ローラ間に前記セラミック成形体を供給して、前記下ローラと前記セラミック成形体を平行にし、
上ローラで前記セラミック成形体を押圧回転することにより前記セラミックシートと前記セラミック成形体を密着することを特徴とするセラミック体の製造方法。

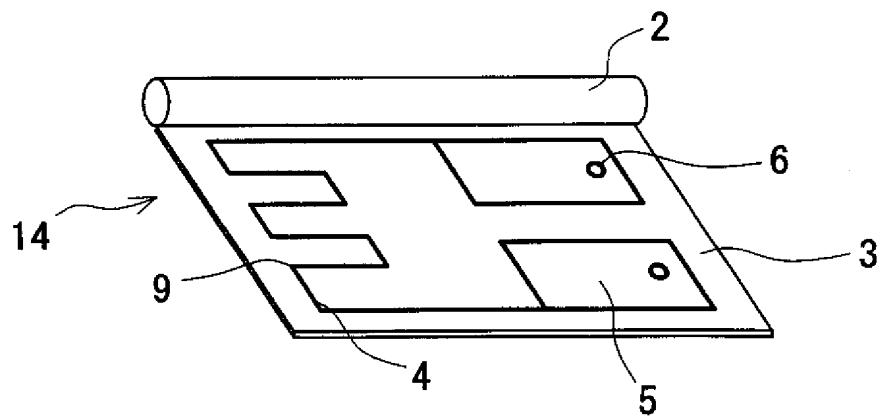
[22] 下死点センサで前記上ローラの下限が所定位置まで到達したことを検知した後、前記上ローラで前記セラミック成形体を押圧回転することを特徴とする請求項21記載のセラミック体の製造方法。

[23] 前記下ローラの1本のみが回転駆動し、他の下ローラ及び上ローラは連動して回転することを特徴とする請求項21に記載のセラミック体の製造方法。

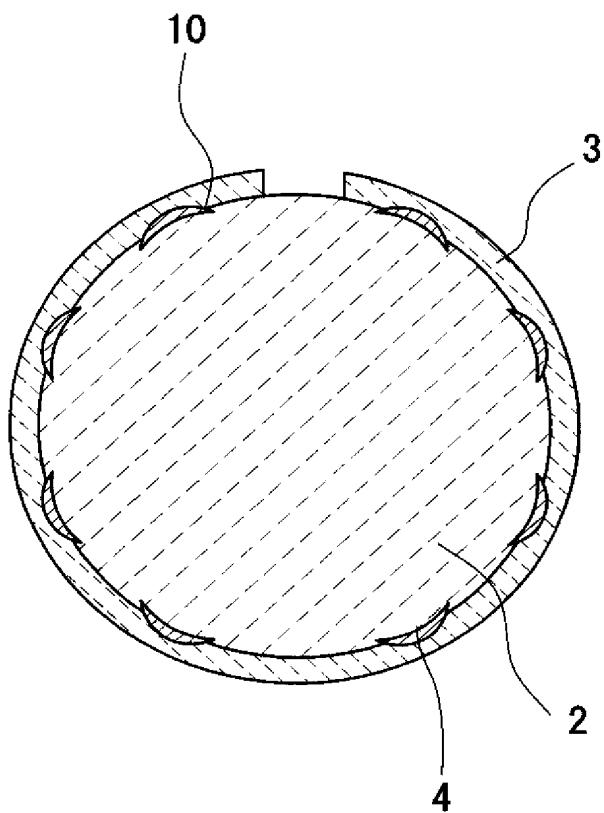
[図1A]



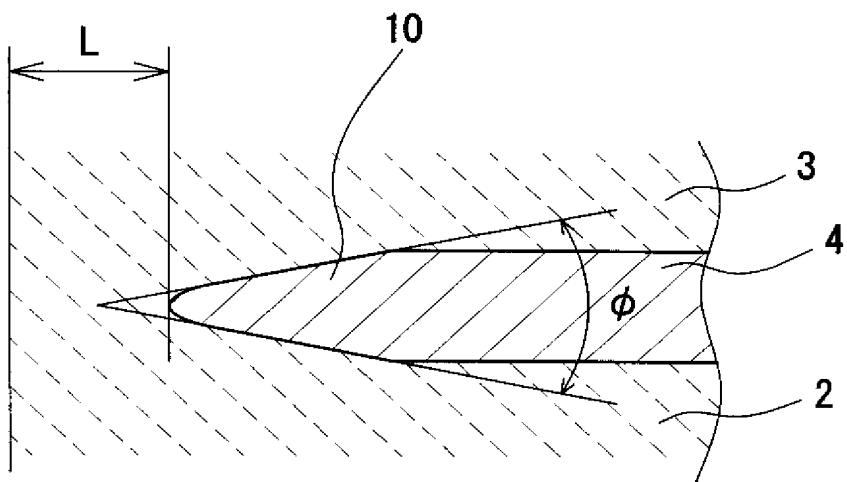
[図1B]



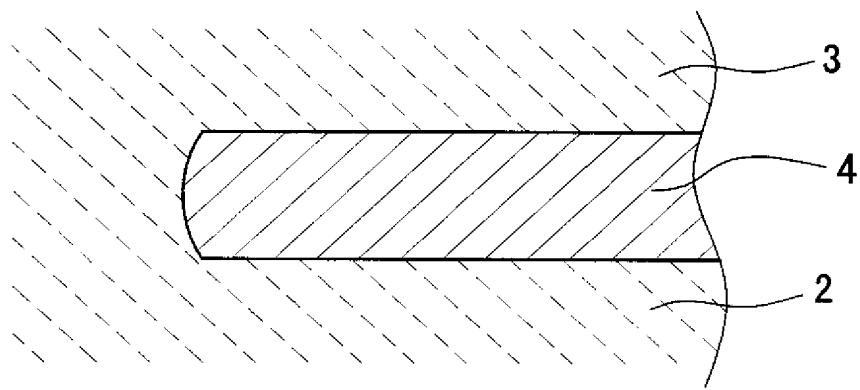
[図2]



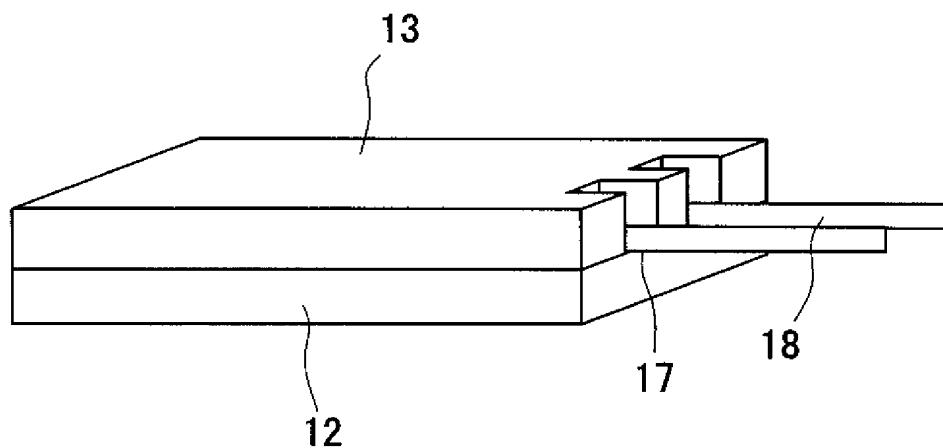
[図3]



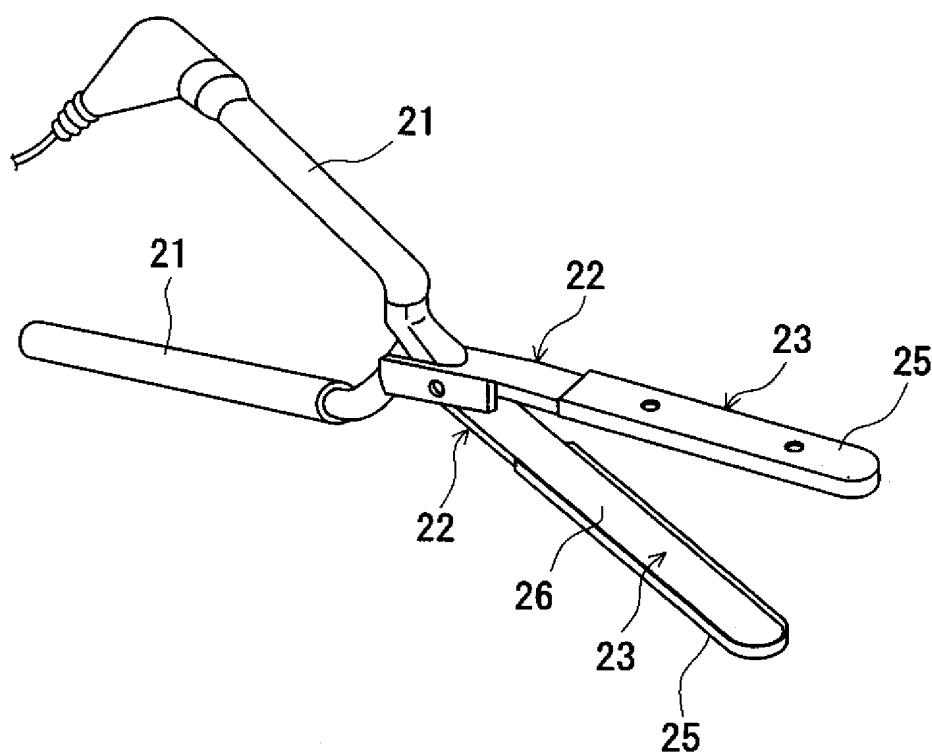
[図4]



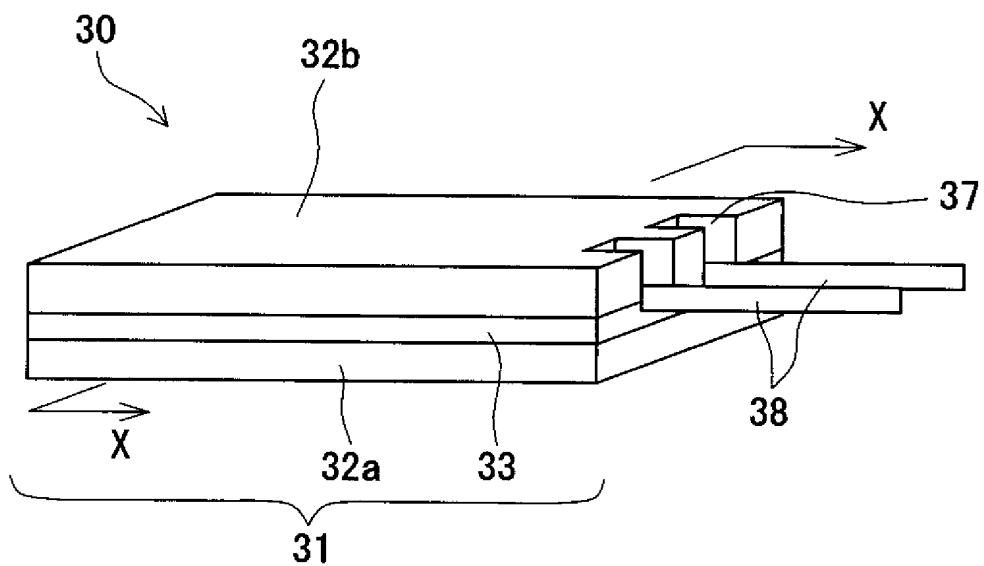
[図5]



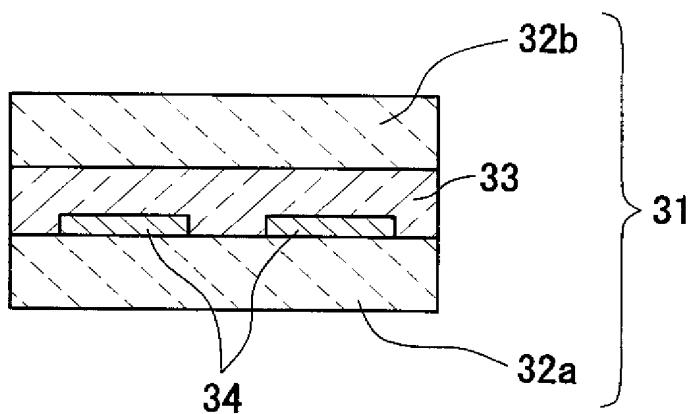
[図6]



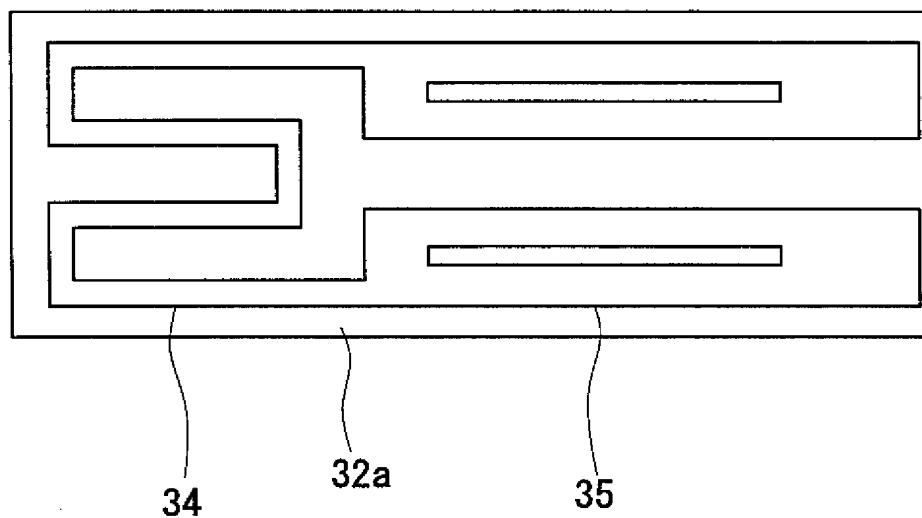
[図7A]



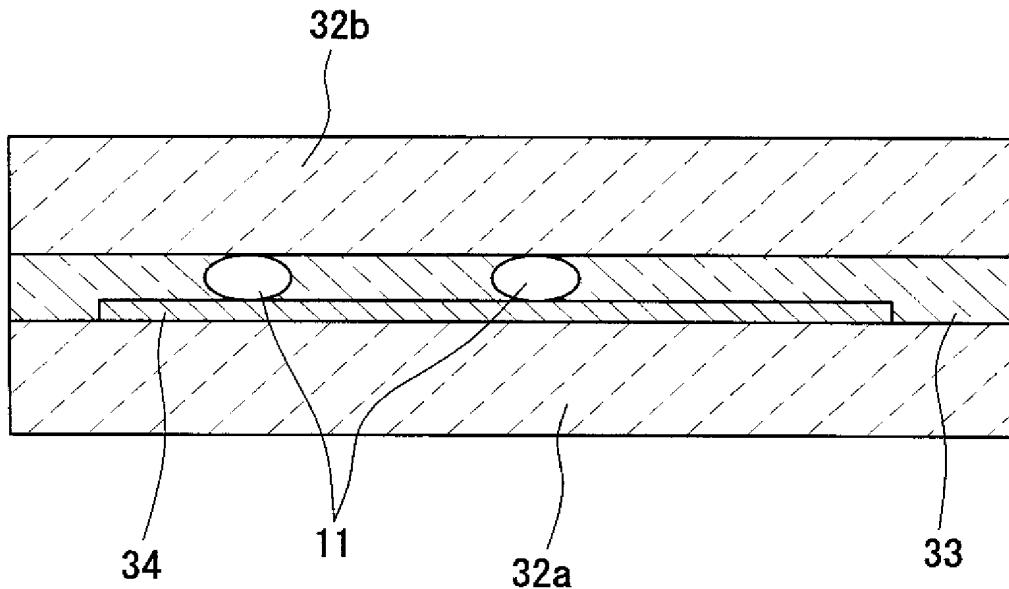
[図7B]



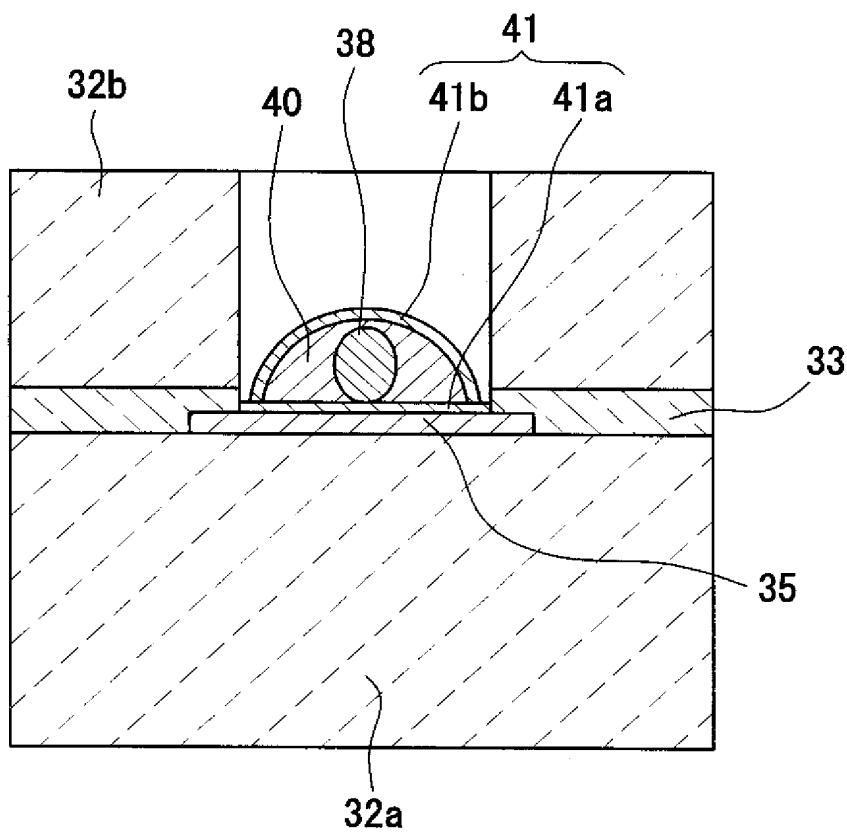
[図8]



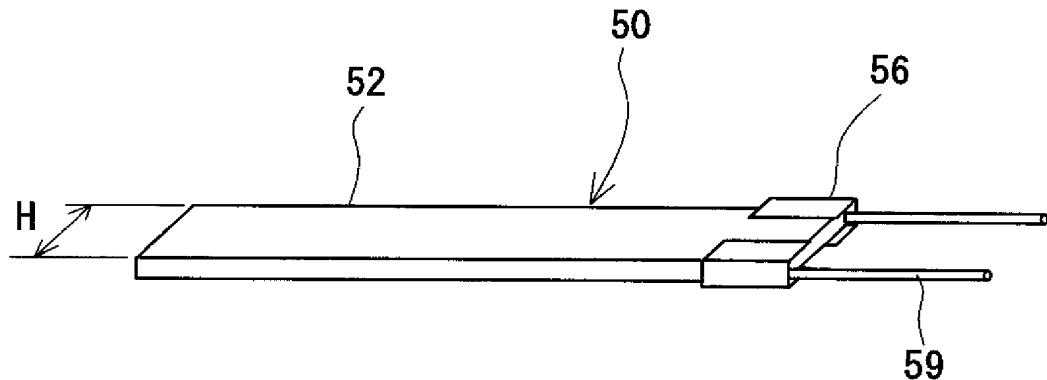
[図9]



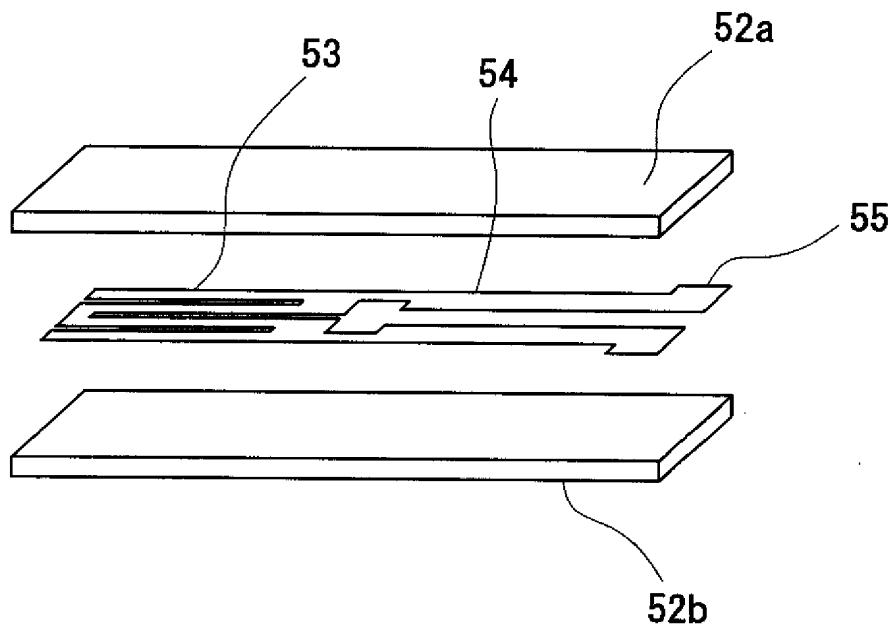
[図10]



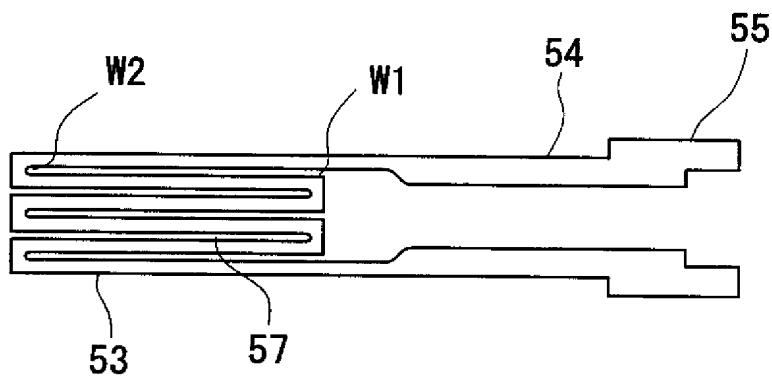
[図11]



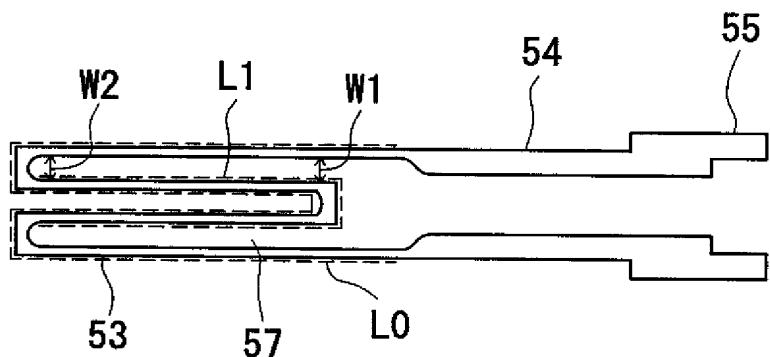
[図12]



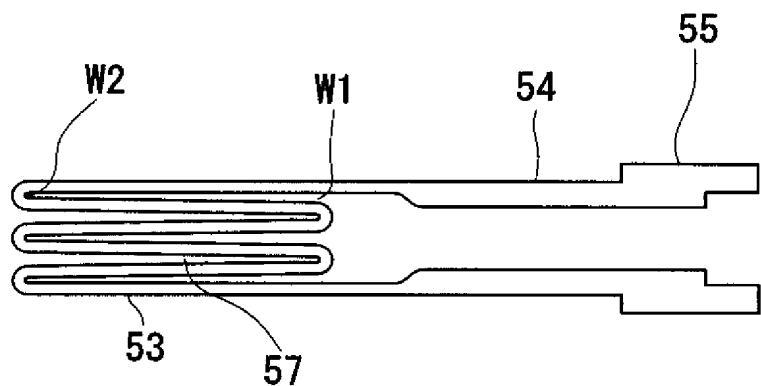
[図13A]



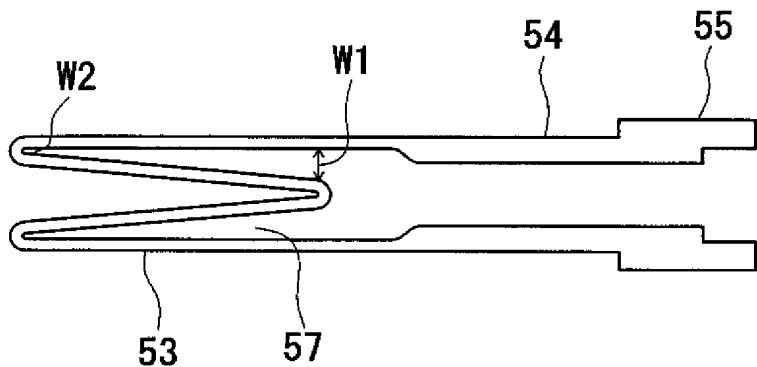
[図13B]



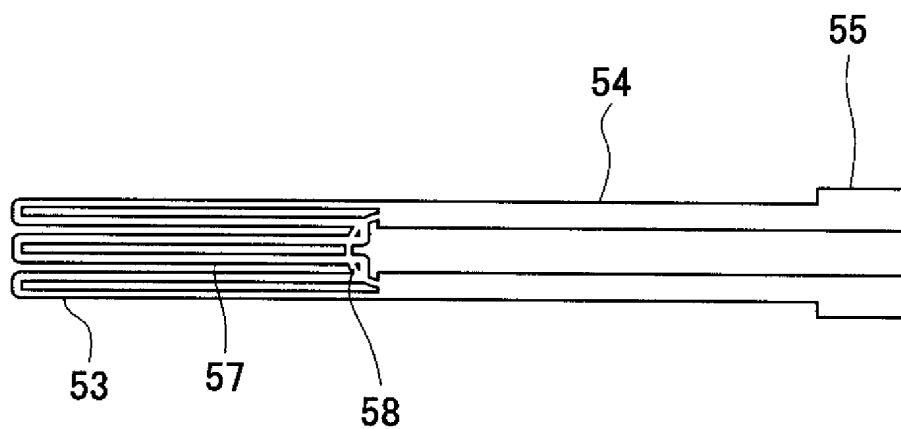
[図14A]



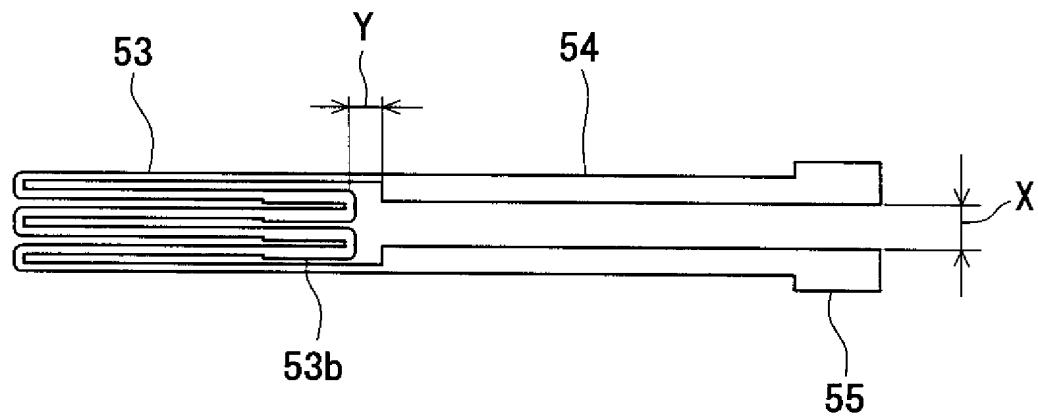
[図14B]



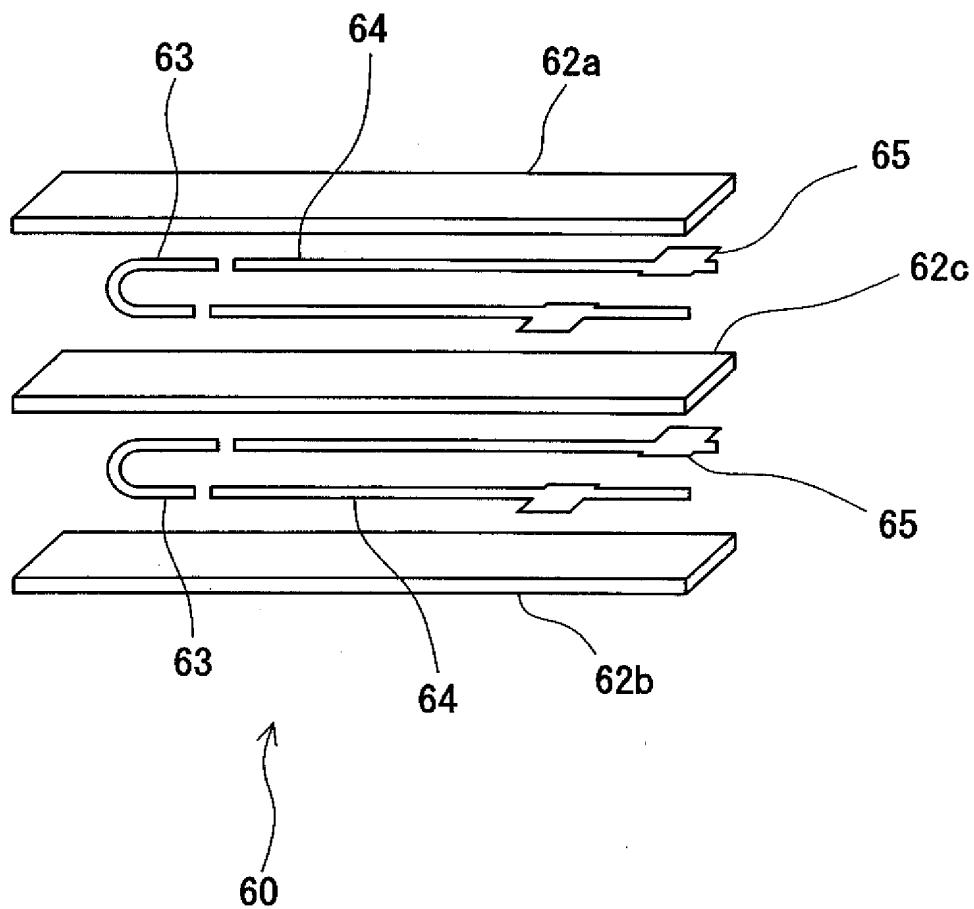
[図15]



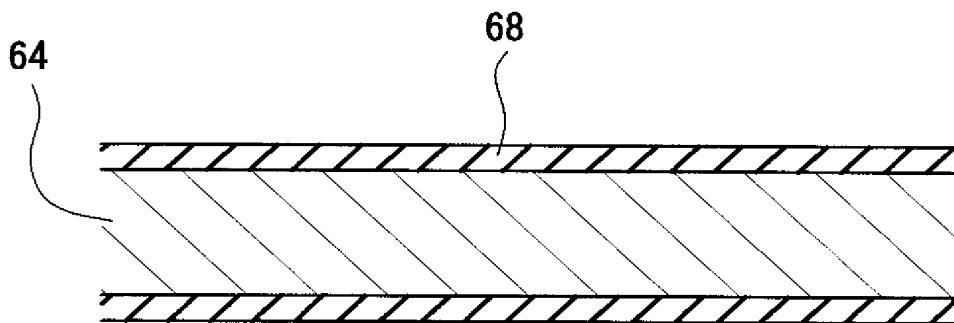
[図16]



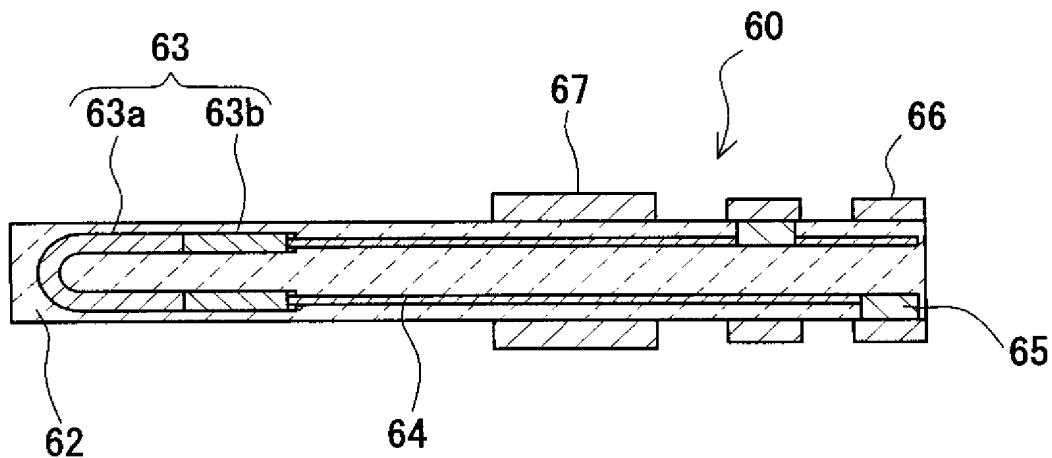
[図17]



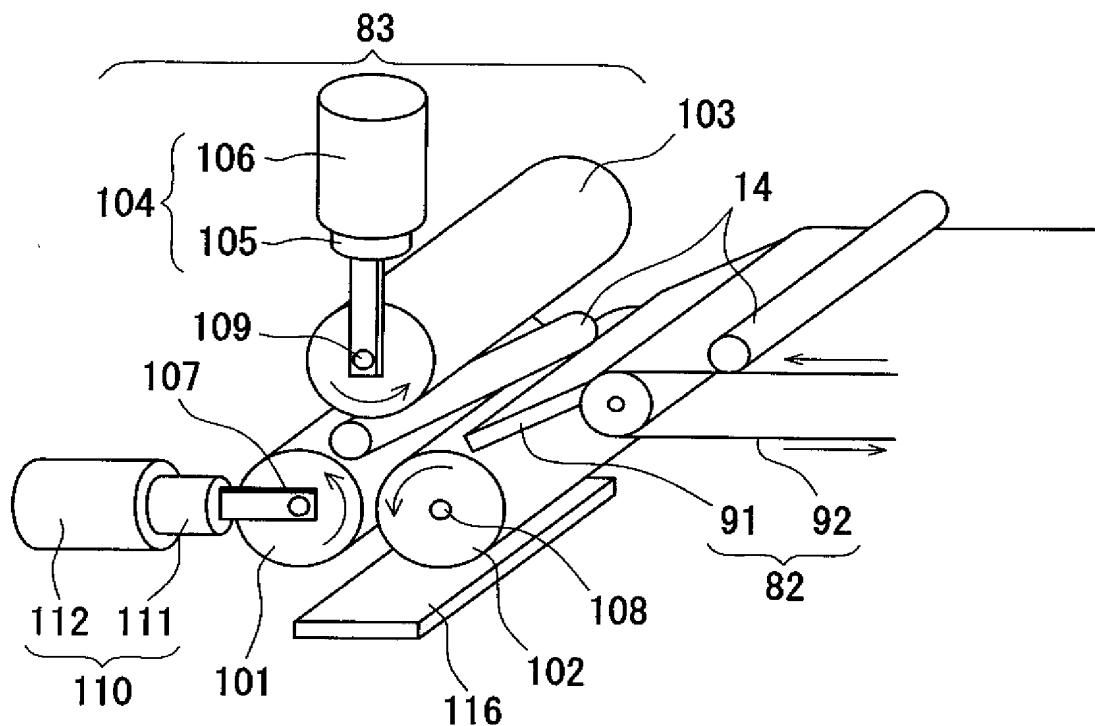
[図18]



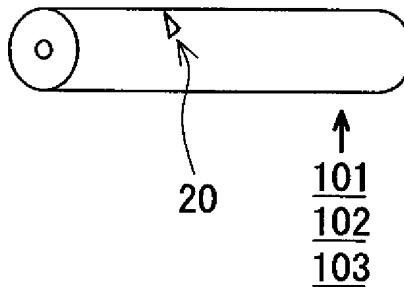
[図19]



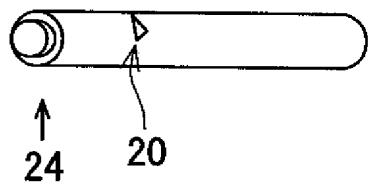
[図20A]



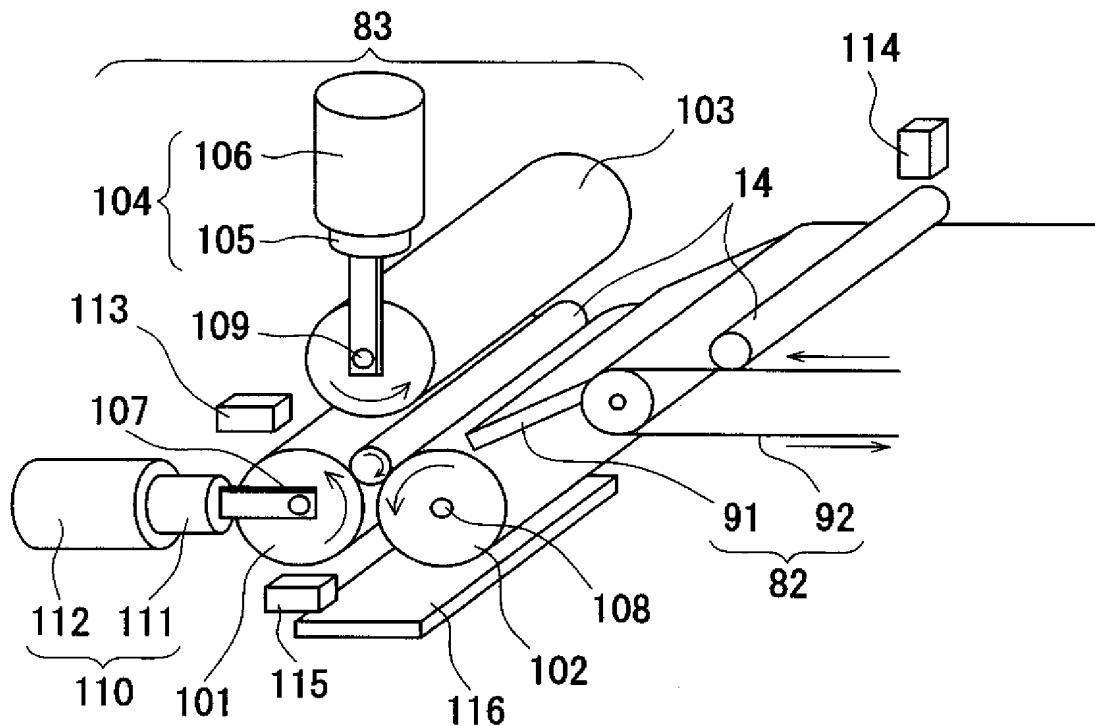
[図20B]



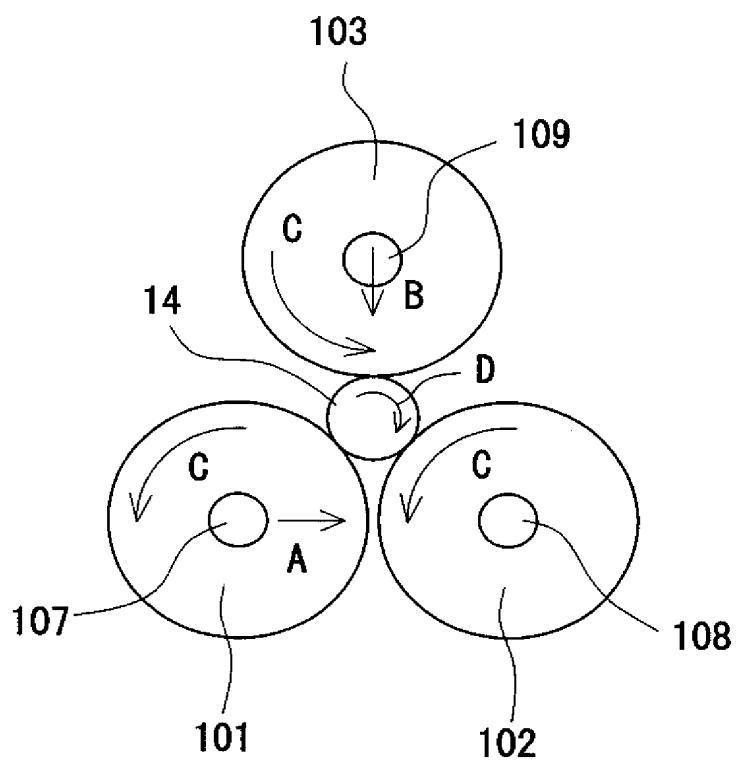
[図20C]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl⁷ H05B3/10, B28B17/00, H05B3/18, 3/20, 3/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl⁷ H05B3/10, B28B17/00, H05B3/18, 3/20, 3/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-52845 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 23 February, 2001 (23.02.01), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	1-6
A	JP 9-7739 A (Kyocera Corp.), 10 January, 1997 (10.01.97), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-6
X Y	JP 6-295779 A (ADAMANT KOGYO CO., LTD.), 21 October, 1994 (21.10.94), Par. Nos. [0007] to [0011]; Fig. 1 (Family: none)	7,10 8-9,11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 19 May, 2005 (19.05.05)

Date of mailing of the international search report
 31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019228

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 6-96847 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 08 April, 1994 (08.04.94), Par. Nos. [0016] to [0028]; Fig. 1 (Family: none)	7-8, 11 9-10
Y	JP 11-214124 A (Kyocera Corp.), 06 August, 1999 (06.08.99), Par. No. [0028]; Fig. 2 (Family: none)	9
Y	JP 9-7739 A (Kyocera Corp.), 10 January, 1997 (10.01.97), Par. No. [0028]; Fig. 3 (Family: none)	12-17
Y	JP 2001-313155 A (Kyocera Corp.), 09 November, 2001 (09.11.01), Par. Nos. [0012] to [0013]; Fig. 2 (Family: none)	13-17
Y	JP 2002-75596 A (Ibiden Co., Ltd.), 15 March, 2002 (15.03.02), Par. No. [0028]; Figs. 1 to 9 (Family: none)	15-17
P,X	JP 2004-146356 A (Kyocera Corp.), 20 May, 2004 (20.05.04), Par. Nos. [0010] to [0012]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	18-20
P,X	JP 2004-95237 A (Kyocera Corp.), 25 March, 2004 (25.03.04), Par. Nos. [0041] to [0049]; Fig. 3 (Family: none)	21, 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2004/019228**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical matter common to the inventions of claims 1-6, 7-11, 12-14, 15-17, 18-20 is in that a heating resistive element is arranged in a ceramic body. The international search, however, has revealed that this common matter is not novel and thus provision of a heating resistive element in a ceramic body cannot be a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence. Claims 21-23 and claims 1-6, 7-11, 12-14, 15-17, 18-20 have nothing in common other than being a ceramic body. Consequently, there is no technical matter common to all the claims 1-6, 7-11, 12-14, 15-17, 18-20, 21-23, and there is no other common matter which can be considered as a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.⁷ H05B3/10, B28B17/00, H05B3/18, 3/20, 3/48

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.⁷ H05B3/10, B28B17/00, H05B3/18, 3/20, 3/48

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2001-52845 A (日本特殊陶業株式会社) 2001. 02. 23, 全文、第1-11図 (ファミリーなし)	1-6
A	J P 9-7739 A (京セラ株式会社) 1997. 01. 10, 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1-6

 C欄の続きにも文献が列挙されている。

「パテントファミリーに関する別紙を参照。」

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 05. 2005

国際調査報告の発送日

31.05.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

豊島 唯

3L 9432

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

C (続き) . 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
X	JP 6-295779 A (アダマンド工業株式会社)	7, 10
Y	1994. 10. 21, [0007] - [0011] 段落、第1図 (ファミリーなし)	8-9, 11
X	JP 6-96847 A (松下電器産業株式会社)	7-8, 11
Y	1994. 04. 08, [0016] - [0028] 段落、第1図 (ファミリーなし)	9-10
Y	JP 11-214124 A (京セラ株式会社) 1999. 08. 06, [0023] 段落、第2図 (ファミリーなし)	9
Y	JP 9-7739 A (京セラ株式会社) 1997. 01. 10, [0028] 段落、第3図 (ファミリーなし)	12-17
Y	JP 2001-313155 A (京セラ株式会社) 2001. 11. 09, [0012] - [0013] 段落、第2図 (ファミリーなし)	13-17
Y	JP 2002-75596 A (イビデン株式会社) 2002. 03. 15, [0028] 段落、第1-9図 (ファミリーなし)	15-17
PX	JP 2004-146356 A (京セラ株式会社) 2004. 05. 20, [0010] - [0012] 段落、 第1-3図 (ファミリーなし)	18-20
PX	JP 2004-95237 A (京セラ株式会社) 2004. 03. 25, [0041] - [0049] 段落、第3図 (ファミリーなし)	21, 23

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-6, 7-11, 12-14, 15-17, 18-20に係る発明の共通事項は、セラミック体内に発熱抵抗体を設けた点であるが、調査の結果、この点については、新規ではないことが明らかになり、セラミック体内に抵抗発熱体を設けることは、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項は特別な技術的特徴ではない。また、請求の範囲21-23は、請求の範囲1-6, 7-11, 12-14, 15-17, 18-20とは、セラミック体であること以外に共通するものはない。それ故、1-6, 7-11, 12-14, 15-17, 18-20, 21-23に係るすべてに共通の事項はなく、PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通事項は存在しない。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあつた。
 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかつた。